

ROGER BARTRA

ANTROPOLOGÍA DEL CEREBRO

La conciencia y los sistemas simbólicos

 FONDO
DE CULTURA
ECONÓMICA



PRE-TEXTOS

Primera edición (Pre-Textos), 2006
Primera edición (FCE, Pre-Textos), 2007

Bartra, Roger,
Antropología del cerebro. La conciencia y los sistemas simbólicos / Roger Bartra. – México : FCE, 2007
236 p.; 21 × 14 cm – (Colec. Filosofía)
ISBN 978- 968-16-8435-8

1. Conciencia 2. Antropología filosófica 3. Filosofía I. Ser. II. t

LC BD450

Dewey 128 B133a

Distribución en el continente americano en lengua española

Comentarios y sugerencias:
editorial@fondodeculturaeconomica.com
www.fondodeculturaeconomica.com
Tel. (55) 5227-4672 Fax (55) 5227-4694

 Empresa certificada ISO 9001:2000

D. R. © 2006, EDITORIAL PRE-TEXTOS
Luis Santángel 10, L 1-C 46005 Valencia, España.

D. R. © 2006, Roger Bartra

D. R. © 2007, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra
—incluido el diseño tipográfico y de portada—,
sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico,
sin el consentimiento por escrito del editor.

ISBN 978-968-16-8435-8

Impreso en México • *Printed in Mexico*

ÍNDICE

PREFACIO	9
1. LA HIPÓTESIS	17
2. LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO	27
3. PLASTICIDAD CEREBRAL	39
4. ¿HAY UN LENGUAJE INTERIOR?	53
5. AMPUTACIONES Y SUPUTACIONES	65
6. EL EXOCEREBRO ATROFIADO	79
7. EL SISTEMA SIMBÓLICO DE SUSTITUCIÓN	93
8. ESPEJOS NEURONALES	107
9. LA CONCIENCIA AL ALCANCE DE LA MANO	123
10. AFUERA Y ADENTRO: EL INMENSO AZUL	143
11. LAS ESFERAS MUSICALES DE LA CONCIENCIA	161
12. LA MEMORIA ARTIFICIAL	183
13. EL ALMA PERDIDA	203
BIBLIOGRAFÍA	213
ÍNDICE ANALÍTICO	229

En este libro trato de explicar el misterio de la conciencia. Explicar no quiere decir *resolver* el enigma. Quiero poner en juego, exponer desde el punto de vista de un antropólogo, los extraordinarios avances de las ciencias dedicadas a explorar el cerebro. Los neurólogos y los psiquiatras están convencidos de que los procesos mentales residen en el cerebro. Yo pretendo hacer un viaje antropológico al interior del cráneo en busca de la conciencia o, al menos, de las huellas que deja impresas en las redes neuronales. ¿Qué puede encontrar un antropólogo en el cerebro? Uno de los temas favoritos de la antropología, y en cuyo estudio tiene experiencia, es el de la identidad, una condición que suele ser vista como un enjambre de símbolos y procesos culturales que giran en torno de la definición de un yo, un ego que se expresa primordialmente como un hecho individual, pero que adquiere dimensiones colectivas muy variadas: identidades étnicas, sociales, religiosas, nacionales, sexuales y otras muchas. ¿Qué identidad hay dentro del cerebro? Su principal expresión es la conciencia.

Con el objeto de que el lector deduzca de entrada mis intenciones quiero aclarar qué es lo que entiendo por conciencia, para lo cual –más que una definición estricta– deseo hacer una referencia a la perspectiva de un filósofo que, a mi parecer, es el iniciador de las reflexiones modernas sobre este problema. No me refiero a Descartes, al que suelen recurrir los científicos más para criticar su dualismo que para apoyarse en él: al tomarlo como referencia muchas veces

quedan atrapados en las coordenadas que estableció sobre la relación entre el cuerpo y el alma. En realidad Descartes usó poquísimas veces el término latino *conscientia*. Yo quiero traer en mi ayuda a John Locke, quien con gran audacia usó el concepto para plantear una idea que provocó intensas discusiones durante varios decenios. Creo que su idea sigue siendo útil para señalar y circunscribir el problema de la conciencia.

Al agregar un nuevo capítulo sobre la conciencia en la segunda edición de 1694 de su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Locke perturbó profundamente las tradiciones morales y religiosas de su época.¹ Locke rechazó la visión ortodoxa religiosa según la cual la identidad personal es una sustancia permanente. Para Locke el yo no está definido por una identidad de sustancias, sean divinas, materiales o infinitas: el yo se define por la conciencia. La identidad personal reside en el hecho de tener conciencia, algo inseparable del pensamiento: “es imposible que alguien perciba sin percibir que percibe”.² Locke no concibe la conciencia como una sustancia pensante inmaterial y concluye que el alma no define a la identidad.³ A menos de medio siglo de la publicación de *Las pasiones del alma* (1649) de Descartes, Locke afirma que la conciencia es la apropiación de cosas y actos que incumben al yo y que son imputables a ese *self*.⁴ El yo radica en la identidad de *un tener conciencia*, de una actuación.⁵ Para Locke la persona es un término “forense”, es decir, que implica al foro: el yo es responsable, reconoce actos y se los imputa a sí mismo. El alma, en cambio, es indiferente al contorno material e independiente de toda materia.⁶

¹ El libro que hay que leer sobre estas repercusiones es el de Christopher Fox, *Locke and the Scriblerians. Identity and consciousness in early eighteenth-century Britain*.

² *Essay concerning human understanding*, capítulo 27, § 9, p. 318. Las páginas remiten a la traducción de Edmundo O’Gorman.

³ *Ibid.*, 27, § 12 y 15.

⁴ *Ibid.*, 27, § 16, pp. 324-325.

⁵ *Ibid.*, 27, § 23, p. 328.

⁶ *Ibid.*, 27, § 27, p. 332.

Al discutir el tema de la conciencia me parece mucho más estimulante partir de Locke que de Descartes. Podemos entender la conciencia como una serie de actos humanos individuales en el contexto de un foro social y que implican una relación de reconocimiento y apropiación de hechos e ideas de las cuales el yo es responsable. La manera en que Locke ve a la conciencia se acerca más a las raíces etimológicas de la palabra: conciencia quiere decir conocer *con* otros. Se trata de un conocimiento compartido socialmente.¹

En su afán por colocar el problema a un nivel que pueda ser explorado científicamente, muchos neurólogos han reducido la conciencia a un sinónimo del hecho de percatarse, darse cuenta o percibir el entorno. Es lo que hace Christof Koch en su muy útil compendio panorámico del avance de las neurociencias en el estudio de la conciencia. Para él *awareness* es igual que *consciousness*.² Con ello bloquea automáticamente toda investigación que entienda la conciencia a la manera lockeana, es decir, que incluya la vinculación del yo con el contorno que le concierne. La ventaja que encuentran los neurobiólogos en ampliar la conciencia a todo estado de alerta que le permita a un organismo percibir su contorno, radica en que posibilita estudiar el fenómeno en especies no humanas de animales, con las cuales se pueden hacer experimentos inadmisibles en personas. Sin embargo, al hacer a un lado las redes culturales que envuelven a la autoconciencia, se nublan fenómenos que, aun siendo estrictamente neuronales, no se entienden más que en un contexto más amplio. Quiero enfatizar que a lo largo de las páginas que siguen entenderé que la conciencia es el proceso de ser consciente de ser consciente. Ya

¹ Las raíces del término latino *consciūs* son *scire* (conocer) y *con* (con). El *Oxford English Dictionary* dice: “knowing something with others”.

² *The quest for consciousness. A neurobiological approach*, p. 3. Con más precisión, el neurobiólogo Francisco Javier Álvarez Leefmans ha definido así a la conciencia: “un proceso mental, es decir, neuronal, mediante el cual nos percatamos de nuestro «yo» y de su entorno, así como de sus interacciones recíprocas, en el dominio del tiempo y del espacio”; “La conciencia desde una perspectiva biológica”, p. 17.

lo definía un antiguo diccionario castellano del siglo XVII: “Conciencia es ciencia de sí mismo, o ciencia certísima y casi certinidad de aquello que está en nuestro ánimo, bueno o malo”.¹ Me gusta la ingenua seguridad con que se acepta, en esta definición anticuada, que la ciencia puede conocer con certeza los secretos del yo, sean benignos o malignos.

¿De dónde se alimentan mis reflexiones sobre el problema de la conciencia? Puedo hacer referencia a al menos cuatro fuentes principales. En primer lugar, los muchos años como sociólogo sumergido en el estudio de diversas expresiones de la conciencia social y de su relación con las estructuras que la animan. Agregó a estas experiencias mis estudios antropológicos sobre la historia y las funciones de los mitos, incluyendo en forma destacada aquellos que giran en torno a las enfermedades mentales o de la identidad. En tercer lugar, recojo y cultivo los hábitos de la introspección, en algunas ocasiones sistemática y la mayor parte de las veces siguiendo al azar los vaivenes de mis gustos literarios y musicales o mis ensañaciones.² Por último, y de gran importancia, algunos años de lectura y estudio de los resultados que arroja la investigación de los neurocientíficos. Me ha parecido que he reunido los elementos suficientes para presentar un ensayo tentativo y exploratorio, sin duda riesgoso e imprudente, sobre uno de los más grandes enigmas a los que se enfrenta la cien-

¹ Sebastián de Covarrubias, *Tesoro de la lengua castellana o española* [1611].

² Javier Álvarez Leefmans explica la importancia de la introspección en su texto “La conciencia desde una perspectiva biológica”. Una idea similar es desarrollada por José Luis Díaz en su artículo “Subjetividad y método: la condición científica de la conciencia y de los informes en primera persona”. Díaz afirma con razón: “si la conciencia no es un factor mental interno, recóndito y oculto, sino que está de alguna manera impresa en los informes verbales, de ello se desprende que un análisis empírico y técnicamente verosímil de los reportes verbales introspectivos sería, en realidad, un análisis de las características de la conciencia” (p. 164).

cia.¹ Pero debo confesar que no me hubiese atrevido a realizar este viaje si, durante un paseo solitario por el barrio gótico de Barcelona en 1999, no hubiese tenido una ocurrencia que se clavó en mi cerebro sin que nada pudiese borrarla. Desde ese día de otoño me dediqué a buscar obsesivamente en las investigaciones neurológicas los conocimientos que me permitiesen desechar la ocurrencia. No me disgustó –aunque sí me sorprendió– comprobar que estas lecturas contribuyeron a afianzar la idea original e impulsaron su transformación en una hipótesis manejable. No he podido resistir la tentación de exponerla a los lectores con la esperanza de que, acaso, contribuya a resolver el enigma de la conciencia.

¹ Divulgué en 2003 mi hipótesis sobre el exocerebro en una conferencia el 6 de noviembre de ese año en el Centro Cultural Conde Duque de Madrid. Publiqué mi conferencia en febrero de 2004 como “La conciencia y el exocerebro”. Otro adelanto de mis ideas apareció como “El exocerebro: una hipótesis sobre la conciencia” en 2005.

1. LA HIPÓTESIS

A principios del tercer milenio el cerebro humano sigue siendo un órgano oculto que se resiste a rendir sus secretos. Los científicos todavía no han logrado entender los mecanismos neuronales que sustentan el pensamiento y la conciencia. Una gran parte de estas funciones ocurre en la corteza cerebral, un tejido que parece la cáscara de un enorme fruto, una papaya por ejemplo, que hubiese sido estrujada y arrugada al introducirla en nuestro cráneo. Me gustaría extraer esta corteza para, al desplegar sus surcos, extenderla como un pañuelo en el escritorio frente a mí, con el propósito de escudriñar su textura. Si pudiese hacerlo tendría ahora bajo mis ojos un hermoso paño gris de unos dos o tres palmos de ancho. Mi mirada podría recorrer la delgada superficie para buscar señales que me permitirían descifrar el misterio escondido en la red que conecta a miles de millones de neuronas.

Algo similar es lo que han logrado hacer los neurobiólogos. Gracias al refinamiento de nuevas técnicas de observación del sistema nervioso (como las tomografías de emisión positrónica y las imágenes de resonancia magnética funcional) los científicos avanzaron con rapidez en el estudio de las funciones cerebrales. En su euforia bautizaron los últimos diez años del siglo XX como la década del cerebro, y muchos creyeron que estaban muy cerca de la solución de uno de los más grandes misterios con los que se enfrenta la ciencia. Sin embargo, aunque desplegaron ante nuestros ojos coloridas imágenes del

maravilloso paisaje interior del cerebro, no lograron explicar los mecanismos neuronales del pensamiento y de la conciencia.

En cierta manera los científicos abordaron el problema de la conciencia humana como lo hicieron los naturalistas del siglo XVIII, que buscaban al hombre en estado de naturaleza con el objeto de comprender la esencia desnuda de lo humano, despojado de toda la artificialidad que lo oculta. ¿Es la cultura responsable de la violencia y la corrupción que dominan a los hombres? ¿O hay un mal congénito impreso en la naturaleza misma del hombre? Para desentrañar el misterio de la conciencia humana, la neurología también ha intentado buscar los resortes biológicos naturales de la mente en el funcionamiento del sistema nervioso central. Se ha querido desembarazar al cerebro de las vestiduras artificiales y subjetivas que lo envuelven, para intentar responder a la pregunta: ¿la conciencia, el lenguaje y la inteligencia son un fruto de la cultura o están estampados genéticamente en los circuitos neuronales?

Sabemos desde hace mucho tiempo que el hombre en estado de naturaleza no existió más que en la imaginación de los filósofos y naturalistas ilustrados. Y podemos sospechar que el hombre neuronal desnudo tampoco existe: un cerebro humano en estado de naturaleza es una ficción. Es comprensible y muy positivo que desde el principio la década del cerebro quedase marcada por un fuerte rechazo del dualismo cartesiano. Gerald Edelman, uno de los más inteligentes neurocientíficos actuales, abre su libro sobre el tema de la mente con una crítica a la idea de una sustancia pensante (*res cogitans*) separada del cuerpo, formulada por Descartes.¹ Pero el asunto se enturbió cuando el rechazo a las sustancias pensantes metafísicas se

¹ Gerald M. Edelman, *Bright air, brilliant fire. On the matter of the mind*, 1992. Dos años después Antonio Damasio popularizó la crítica en su libro *Descartes' error. Emotion, reason, and the human brain*, 1994. Un ejemplo de esta interpretación dualista, aunque un tanto contradictoria, puede leerse en el libro de Arturo Rosenblueth, *Mente y cerebro*.

convirtió en una ceguera ante los procesos culturales y sociales, que son ciertamente extracorpóreos.

Con esta inquietud en la mente, al finalizar la década del cerebro leí el inteligente balance hecho por Stevan Harnad de los intentos por develar el misterio de la conciencia y de las funciones mentales complejas.¹ De este trabajo se desprende que la década del cerebro avanzó en la explicación de algunos aspectos del funcionamiento neuronal, pero dejó en la oscuridad el problema de la conciencia. Este balance me estimuló poderosamente, y me hizo pensar que la neurobiología había hecho a un lado aspectos fundamentales sin los cuales parecía difícil avanzar. Yo me había pasado buena parte de la década del cerebro estudiando como antropólogo las ciencias médicas que durante el Renacimiento y los albores de la modernidad intentaban comprender el funcionamiento cerebral humano.² Me absorbió tanto el tema que por momentos sentía como si fuera un médico graduado en Salamanca o París en el siglo XVII. Los médicos de aquella época creían firmemente en las teorías humorales hipocráticas y galénicas, y por ello transitaban con facilidad del micromundo corporal al macrocosmos astronómico, atravesando ágilmente los mundos de la geografía, las costumbres, las estaciones, la alimentación y las edades. Con este bagaje me aproximé a la neurobiología actual: ¿qué podría entender un antropólogo que regresaba de un largo viaje al Siglo de Oro?

Mi primera impresión fue la siguiente: los neurobiólogos están buscando desesperadamente en la estructura funcional del cerebro humano algo, la conciencia, que podría encontrarse en otra parte.³

¹ Stevan Harnad, "No easy way out".

² Roger Bartra, *Cultura y melancolía. Las enfermedades del alma en la España del Siglo de Oro*.

³ No me adhiero, de ninguna manera, al viejo reclamo que solía hacer Skinner, quien sostenía que estudiar el cerebro era una forma de buscar equivocadamente las causas de la conducta dentro del organismo, en vez de hacerlo en el mundo externo (Burrhus F. Skinner, *About behaviorism*).

Quiero recordar que uso el término conciencia para referirme a la autoconciencia o conciencia de ser consciente. Ante esta búsqueda supuse que un médico renacentista pensaría que el sentimiento de constituir una partícula individual única podría ser parte de la angustia producida por una función defectuosa de los impulsos neumáticos en los ventrículos cerebrales que impediría comprender el lugar del hombre en la Creación. La conciencia no solamente radicaría en el funcionamiento del cerebro, sino además (y acaso principalmente) en el sufrimiento de una disfunción.

Se dice que un motor o una máquina neumática (como el cerebro en el que pensaba la medicina galénica, animado por el *pneuma*) “sufrir” cuando se aplica a una tarea superior a sus fuerzas. El resultado es que se para. Como experimento mental, supongamos que ese motor neumático es un “cerebro en estado de naturaleza” enfrentado a resolver un problema que está más allá de su capacidad. Este motor neumático está sometido a un “sufrimiento”.

Ahora supongamos que este cerebro neumático abandona su estado de naturaleza, y no se apaga ni se para como le ocurriría a un motor limitado a usar únicamente sus recursos “naturales”. En lugar de detenerse y quedarse estacionado en su condición natural, este hipotético motor neuronal genera una prótesis mental para sobrevivir a pesar del intenso sufrimiento. Esta prótesis no tiene un carácter somático, pero sustituye las funciones somáticas debilitadas. Hay que señalar de inmediato que es necesario reprimir los impulsos cartesianos de un médico del siglo XVII: estas prótesis extrasomáticas no son sustancias pensantes apartadas del cuerpo, ni energías sobrenaturales y metafísicas, ni programas informáticos que pueden separarse del cuerpo como la sonrisa del gato de Cheshire. La prótesis es en realidad una red cultural y social de mecanismos extrasomáticos estrechamente vinculada al cerebro. Por supuesto, esta búsqueda debe tratar de encontrar algunos mecanismos cerebrales que puedan conectarse con los elementos extracorporales.

Regresemos a nuestro experimento mental. Tendremos que tratar de explicar por qué un ser humano (o protohumano) enfrentado a un importante reto –como puede ser un cambio de hábitat–, y al sentir por ello un agudo sufrimiento, a diferencia de lo que le ocurriría a un motor (o a una mosca), genera una poderosa conciencia individual en lugar de quedar paralizado o muerto. En su origen esta conciencia es una prótesis cultural (de manera principal el habla y el uso de símbolos) que, asociada al empleo de herramientas, permite la sobrevivencia en un mundo que se ha vuelto excesivamente hostil y difícil. Los circuitos de las emociones angustiosas generadas por la dificultad de sobrevivir pasan por los espacios extrasomáticos de las prótesis culturales, pero los circuitos neuronales a los que se conectan se percatan de la “exterioridad” o “extrañeza” de estos canales simbólicos y lingüísticos. Hay que subrayar que, vista desde esta perspectiva, la conciencia no radica en el percatarse de que hay un mundo exterior (un hábitat), sino en que una porción de ese contorno externo “funciona” como si fuese parte de los circuitos neuronales. Para decirlo de otra manera: la incapacidad y disfuncionalidad del circuito somático cerebral son compensadas por funcionalidades y capacidades de índole cultural. El misterio se halla en que el circuito neuronal es sensible al hecho de que es incompleto y de que necesita de un suplemento externo. Esta sensibilidad es parte de la conciencia.

Uno de los mejores investigadores reseñados por Harnad, Antonio Damasio, insiste en la división entre el medio interior, precursor del yo individual, y su contorno exterior.¹ Es posible que esta creencia, profundamente arraigada entre los neurobiólogos, sea un obstáculo para avanzar en la comprensión de las bases fisiológicas de la conciencia humana. Consideremos una idea diferente: la conciencia surgiría de la capacidad cerebral de reconocer la continuación de un

¹ Antonio Damasio, *The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness*, pp. 135ss.

proceso *interno* en circuitos externos ubicados en el contorno. Es como si una parte del metabolismo digestivo y sanguíneo ocurriese artificialmente fuera de nosotros. Podríamos contemplar, plastificadas, nuestras tripas y nuestras venas enganchadas a un sistema portátil de prótesis impulsadas por sistemas cibernéticos programados.

Esto ocurre en los *cyborgs* de la ciencia-ficción y en los experimentos realizados en primates, los cuales, gracias a un electrodo implantado, han logrado controlar mentalmente una conexión cerebro-máquina para mover a distancia un brazo robot.¹ En cambio, estamos acostumbrados a estar rodeados de prótesis que nos ayudan a memorizar, a calcular e incluso a codificar nuestras emociones. Al respecto, otro de los libros con que se cierra la década del cerebro, del filósofo Colin McGinn, usa una imagen que me parece muy importante, aunque la desaprovecha lamentablemente. En su argumentación para demostrar que el cerebro humano es incapaz de encontrar una solución al problema de la conciencia, McGinn imagina un organismo cuyo cerebro, en lugar de estar oculto dentro del cráneo, está distribuido fuera de su cuerpo como una piel. Se trata del exocerebro, similar al exoesqueleto de los insectos o los crustáceos.² El hecho de que esté expuesto al exterior no hace que este pellejo pensante sea más fácil de entender cuando, por ejemplo, este organismo tiene la experiencia del rojo. El carácter “privado” de la conciencia, dice McGinn, no tiene nada que ver con el hecho de que nuestro cerebro se encuentra oculto: la experiencia del color rojo en todos los casos se encuentra enterrada en una interioridad completamente inaccesible. El error de McGinn consiste en creer que la conciencia está sepultada en la interioridad. Si suponemos que la extraña criatura dotada de una epidermis neuronal es capaz de colorear su vientre cuando piensa en rojo, y otros organismos de la misma especie

¹ José M. Carmena et al., “Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates”.

² Colin McGinn, *The mysterious flame. Conscious minds in a material world*, p. 11.

lo pueden contemplar e identificar, entonces nos acercamos a nuestra realidad: el exocerebro cultural del que estamos dotados realmente se pone rojo cuando dibujamos nuestras experiencias con tintas y pinturas de ese color. Hay que decir que la idea de un cerebro externo fue esbozada originalmente por Santiago Ramón y Cajal, quien al comprobar la extraordinaria y precisa selectividad de las redes neuronales en la retina, consideró a éstas como un cerebro simple, colocado fuera del cráneo.¹

Yo quiero recuperar la imagen del exocerebro para aludir a los circuitos extrasomáticos de carácter simbólico. Se ha hablado de los diferentes sistemas cerebrales: el sistema reptílico, el sistema límbico y el neocórtex.² Creo que podemos agregar un cuarto nivel: el exocerebro. Para explicar y complementar la idea, me gustaría hacer aquí un paralelismo inspirado en la ingeniería biomédica que construye sistemas de sustitución sensorial para ciegos, sordos y otros discapacitados.³ La plasticidad neuronal permite que el cerebro se adapte y construya en diferentes áreas los circuitos que funcionan con deficiencias. Si trasladamos al exocerebro este enfoque, podemos suponer que importantes deficiencias o carencias del sistema de codificación y clasificación, surgidas a raíz de un cambio ambiental o de mutaciones que afectan seriamente algunos sentidos (olfato, oído), auspiciaron en ciertos homínidos su sustitución por la acti-

¹ Citado en Hugo Aréchiga, *El universo interior*, p. 136. Aréchiga no señala el origen de esta cita, y no he logrado ubicarla en los textos de Ramón y Cajal. En su trabajo “La rétine des vertébrés” considera a la retina “como un verdadero centro nervioso, una especie de segmento cerebral periférico” (p. 121). Hoy se habla también de un “segundo cerebro” en referencia al sistema nervioso entérico, una red de circuitos casi autónomos que regula todas las facetas de la digestión, de comienzo a fin entre el esófago y el colon, incluyendo al estómago y todos los intestinos (Michael D. Gershon, *The second brain*).

² Me refiero a las ideas de Paul D. MacLean, *A triune concept of brain and behaviour*. Se refiere a tres tipos de cerebro: reptílico, paleomamífero y neomamífero.

³ Paul Bach-y-Rita, *Brain mechanisms in sensory substitution*.

vidad de otras regiones cerebrales (áreas de Broca y Wernicke) estrechamente ligadas a sistemas culturales de codificación simbólica y lingüística. La nueva condición presenta un problema: la actividad neuronal sustitutiva no se entiende sin la prótesis cultural correspondiente. Esta prótesis puede definirse como un sistema simbólico de sustitución que tendría su origen en un conjunto de mecanismos compensatorios que remplazan a aquellos que se han deteriorado o que sufren deficiencias ante un medio ambiente muy distinto. Mi hipótesis supone que ciertas regiones del cerebro humano adquieren genéticamente una dependencia neurofisiológica del sistema simbólico de sustitución. Este sistema, obviamente, se transmite por mecanismos culturales y sociales. Es como si el cerebro necesitase la energía de circuitos externos para sintetizar y degradar sustancias simbólicas e imaginarias, en un peculiar proceso anabólico y catabólico.

He utilizado diversas metáforas con el objeto de explicar de manera sencilla y breve una hipótesis sobre la conciencia y el exocerebro. Ahora es necesario desglosar la idea central para buscar con algún detalle los datos científicos que pueden dar base a mi interpretación. Pero he querido anticipar algunas ideas troncales para que cuando nos sumerjamos en los pormenores no perdamos de vista el objetivo de la búsqueda.

2. LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO

La masa encefálica que, extendida en mi escritorio como el pañuelo imaginario que podría revelar los secretos de la mente, ocupa, estrujada, entre 1200 y 1500 centímetros cúbicos dentro del cráneo de los humanos anatómicamente modernos. El ancestro del *Homo sapiens*, el *Homo erectus* que apareció hace aproximadamente un millón y medio de años, tenía entre 850 y 1100 cc de masa encefálica. Y, mucho antes, el cerebro del *Homo habilis*, que apareció hace unos dos millones y medio de años, ocupaba solamente entre 510 y 750 cc. Este proceso evolutivo se inició hace unos seis millones de años, cuando un grupo de grandes simios se diferenció y dio origen a diferentes especies de bípedos, los australopitécidos. Para algunos científicos este periodo de seis millones de años es demasiado corto en términos evolutivos para dar lugar al surgimiento de las capacidades intelectuales y cognitivas propias del *Homo sapiens*. Se argumenta que el único mecanismo que puede explicar el rápido proceso evolutivo tiene un carácter cultural y social. Michael Tomasello sostiene que no ha habido tiempo suficiente para que se trate de un proceso normal de evolución biológica, el cual implica que la variación genética y la selección natural han creado una por una las habilidades cognitivas capaces de inventar y desarrollar complejas tecnologías y herramientas, formas sofisticadas de representación y comunicación simbólica y estructuras sociales elaboradas que cristalizan en instituciones culturales.¹

¹ Michael Tomasello, *The cultural origins of human cognition*, pp. 2-4.

Aunque estoy convencido de la enorme importancia de los circuitos culturales en la formación de la conciencia individual, creo que no debemos verlos como la varita mágica que resuelve los misterios del origen del cerebro anatómicamente moderno. Tomasello rechaza la idea de que una mutación haya creado el lenguaje. Para él la clave radica en que en los humanos evolucionó biológicamente una nueva manera intencional de identificarse y de entenderse con miembros de la misma especie.¹ La continuación del proceso, a partir de esta única adaptación cognitiva que permite reconocer a los otros como seres intencionales, habría tenido un carácter enteramente cultural y produjo el desarrollo de formas simbólicas de comunicación. Este desarrollo, sostiene Tomasello, transcurre a una velocidad que ningún proceso de evolución biológica puede igualar. Stephen Jay Gould ha afirmado, por el contrario, que sí hay tiempo suficiente para un cambio en el nivel biológico. Gould comienza por advertir contra la peligrosa trampa que supone definir la evolución como un flujo continuo. El cambio ocurre mediante la transformación puntuada de subgrupos aislados en especies, y no a través de un cambio anagénico, a un lento ritmo geológico, de la totalidad del grupo.² Gould demuestra que es una falacia creer que el crecimiento de la capacidad craneana que ocurre durante el periodo que separa al *Homo erectus* del *Homo sapiens* representa un ejemplo de velocidad evolutiva extraordinaria, algo tan raro que sólo se explicaría por las maravillosas capacidades de adaptación y de retroalimentación de la conciencia humana. Es decir, que la velocidad del cambio sólo se explicaría por la intervención de procesos culturales. En realidad no se trata de un ritmo de cambio extraordinario, sino que es perfectamente normal que la masa encefálica haya doblado su tamaño en 100 mil años (unas tres mil generaciones).³

¹ *Ibid.*, p. 204.

² Stephen Jay Gould, *The structure of evolutionary theory*, p. 913.

³ *Ibid.*, pp. 851ss. y 915.

Gould explica que el cambio de *Homo erectus* a *Homo sapiens* fue un proceso rápido de surgimiento de una especie que probablemente ocurrió en África entre 250 mil y 100 mil años atrás.¹

No debemos centrarnos únicamente en el crecimiento (absoluto y relativo) de la capacidad craneana. Un estudio ha señalado la importancia de observar también la forma que adopta el cerebro, y ha descubierto la existencia de dos tendencias en la evolución de la forma del cerebro del género *Homo*. Los dos procesos llegan a un tamaño similar de la capacidad craneana, en un caso el hombre de Neandertal y en el otro el humano moderno. El primer patrón de desarrollo de la configuración craneana muestra que en la medida en que aumenta el tamaño decrece la distancia interparietal. Este patrón se observa en la evolución que va de los especímenes más arcaicos hasta los neandertales. Pero el proceso de cambio que desemboca en los cráneos humanos modernos muestra un salto evolutivo que se aparta del patrón señalado, e inaugura una nueva trayectoria. La nueva tendencia produce, con la ampliación de la capacidad craneana, una mayor expansión parietal, lo que da como resultado una configuración más esférica (braquicéfala) del cerebro. Esto parece indicar que las capacidades cognitivas de los humanos modernos no son una mera expansión de las habilidades arcaicas sino la adquisición de nuevas aptitudes. Los neandertales y los hombres modernos representan dos trayectorias evolutivas distintas e independientes.²

En este contexto es posible insertar la hipótesis sobre el funcionamiento de la conciencia. Un subgrupo de homínidos en África, hace un cuarto de millón de años, relativamente aislado y geográficamente localizado, sufrió rápidos cambios en la estructura, configuración y tamaño de su sistema nervioso central. Estos cambios se sumaron a las transformaciones, seguramente muy anteriores, del aparato vocal

¹ *Ibid.*, p. 916.

² Emiliano Bruner, Giorgio Manzi y Juan Luis Arsuaga, "Encephalization and allometric trajectories in the genus *Homo*: evidence from Neandertal and modern lineages".

que permite la articulación del habla tal como hoy la conocemos. Podemos suponer que las mutaciones en estos homínidos arcaicos afectaron las funciones, la forma y el tamaño de la corteza cerebral, pero además ocasionaron transformaciones en los sistemas sensoriales que les dificultaron su adaptación al medio, como podrían ser cambios en la receptividad olfativa y, acaso, modificaciones en la capacidad de localizar las fuentes de los sonidos, así como alteraciones de las memorias olfativas y auditivas. Sus circuitos neuronales serían insuficientes y las reacciones estereotipadas ante los retos acostumbrados dejarían de funcionar bien. Acaso podríamos agregar el hecho de que grandes cambios climáticos y migraciones forzadas los enfrentaron a crecientes dificultades, por lo que quedaron en desventaja frente a otros homínidos que, mejor adaptados al medio, respondían con mayor rapidez a los retos cotidianos.

El primigenio *Homo sapiens* deja de reconocer una parte de las señales procedentes de su entorno. Ante un medio extraño, este hombre sufre, tiene dificultades para reconocer los caminos, los objetos o los lugares. Para sobrevivir utiliza nuevos recursos que se hallan en su cerebro: se ve obligado a marcar o señalar los objetos, los espacios, las encrucijadas y los instrumentos rudimentarios que usa. Estas marcas o señales son voces, colores o figuras, verdaderos suplementos artificiales o prótesis semánticas que le permiten completar las tareas mentales que tanto se le dificultan. Así, va creando un sistema simbólico externo de sustitución de los circuitos cerebrales atrofiados o ausentes, aprovechando las nuevas capacidades adquiridas durante el proceso de encefalización y braquicefalia que los ha separado de sus congéneres neandertales. Surge un exocerebro que garantiza una gran capacidad de adaptación. Se podría decir que el exocerebro sustituye el desorden de la confrontación con una diversidad de nichos ecológicos por el orden generado por un nicho simbólico estable.

Esta interpretación se enfrenta a un problema: hay un lapso de tiempo borroso que separa el surgimiento en el proceso evolutivo de los humanos anatómicamente modernos y el momento en que te-

nemos registros arqueológicos de una actividad cultural basada en formas de comunicación simbólica aprendidas. Adam Kuper ha observado que los humanos claramente modernos aparecen por lo menos unos 60 mil años antes de la presencia de una cultura desarrollada. Por lo tanto, supone, la cultura entró en escena muy tardíamente, pero en cuanto lo hizo la evolución cultural avanzó a una velocidad mucho mayor que la impuesta por las lentas mutaciones de la evolución biológica.¹ Estos cambios ocurrieron durante la transición del Paleolítico medio al superior, cuando la industria lítica musteriense de los neandertales, probablemente incapaces de pensamiento simbólico, fue sustituida por la lítica auriniense de los modernos cromañones, hombres dotados de lenguaje, agrupados socialmente, practicantes de rituales y con una economía recolectora y cazadora organizada.

Hay una explicación para este hiato entre la adquisición de rasgos físicos modernos y el desarrollo de una cultura simbólica. Ian Tattersall encuentra la clave en la llamada exaptación.² A diferencia de la adaptación, aquí se trata de innovaciones espontáneas que carecen de función o que juegan un papel muy diferente al que finalmente tienen. El ejemplo más conocido son las plumas, que mucho antes de ser útiles para volar funcionaron como una capa para mantener el calor del cuerpo. Tattersall cree que los mecanismos periféricos del habla no fueron una adaptación sino una mutación que ocurrió varios cientos de miles de años antes de que quedaran circunscritos por la función de articular sonidos. Y posiblemente, según este científico, las capacidades cognitivas de que nos jactamos fueron también una transformación ocurrida hace 100 o 150 mil años que no fue aprovechada (exaptada) sino hasta hace 60 o 70 mil años cuando ocurrió una innovación cultural que activó en algu-

¹ Adam Kuper, *The chosen primate. Human nature and cultural diversity*, cap. 4.

² Ian Tattersall, *The monkey in the mirror. Essays on the science of what makes us human*, pp. 51ss. Véase la primera formulación del concepto en Stephen Jay Gould y S. Vrba, "Exaptation – a missing term in the science of form".

nos humanos arcaicos el potencial para realizar los procesos cognitivos simbólicos que residían en el cerebro sin ser empleados.¹ Según Tattersall el detonador de este proceso cultural fue la invención del lenguaje. Aquí introduce una hipótesis que parece dudosa: supone que la habilidad lingüística tenía ya un cableado neuronal inscrito en el cerebro, y que sólo faltaba el estímulo externo para ponerlo a funcionar. El disparador pudo haber sido algo tan sencillo como una invención realizada por un grupo de niños durante sus juegos. Una vez hecha esta maravillosa invención el conjunto de la sociedad debió de adoptarla y difundirla a otros grupos.²

No queda claro el motivo por el cual los hombres tardaron varias decenas de miles de años en descubrir las potencialidades dormidas de su cerebro. ¿Fue el producto del mero azar? No parece una explicación adecuada. Creo que debemos aceptar que la transformación neuronal comenzó a tener consecuencias desde el momento en que un subgrupo de homínidos tuvo que enfrentarse a retos que superaban los recursos normalmente usados. No fue el azar de un juego de niños el que descubrió la habilidad de dotar a los objetos de un nombre. Lo importante en un proceso de exaptación es la refuncionalización de las modificaciones no adaptantes llamadas *spandrels* por Gould, que toma un término de la arquitectura: esos espacios triangulares que no tienen ninguna función y que quedan después de inscribir un arco en un cuadrado (tímpano, enjuta) o el anillo de una cúpula sobre los arcos torales en que se apoya (pechina). Las pechinas cerebrales podrían haber sido circuitos neuronales abiertos a funciones inexistentes, a memorias inútiles o a señales externas que no llegan, o bien a mecanismos no relacionados con procesos cognitivos. Gould explica que el número de pechinas aumenta considerablemente con la complejidad del organismo: son pocas las que hay en el espacio cilíndrico umbilical de un gasterópodo, compara-

¹ Ian Tattersall, *The monkey in the mirror*, pp. 153 y 182.

² *Ibid.*, pp. 160-163.

das con la gran cantidad que alberga un cerebro humano, pechinas que sobrepasan considerablemente el número de cambios adaptantes que ocurren con la expansión de la masa encefálica.¹

Mi hipótesis sobre el exocerebro, como he explicado más arriba, implica una situación en la cual el individuo está sometido a un sufrimiento ante las dificultades para sobrevivir en condiciones hostiles. Al respecto quiero traer en ayuda de mi argumento las reflexiones de Antonio Damasio, quien se preguntó por el disparador que pudo impulsar las formas complejas de comportamiento social. Supone, me parece que acertadamente, que las estrategias sociales y culturales evolucionaron como una manera de enfrentar el sufrimiento en individuos dotados de notables capacidades memorativas y predictivas. La clave de la interpretación de Damasio radica en que este sufrimiento es algo más que el dolor que siente el individuo como una señal somatosensorial provocada por una herida, un golpe o una quemadura. Al dolor sigue un estado emocional que se experimenta como sufrimiento. El dolor es una palanca para el despliegue adecuado de impulsos e instintos, explica Damasio. De la misma manera el organismo despliega los dispositivos emocionales del sufrimiento para impulsar medios que lo evitan o lo amortiguan. Algo similar ocurre con el placer, una sensación que genera estados emocionales adicionales.²

Habría que dar un paso más: buscar las posibles consecuencias neuronales del sufrimiento en condiciones para las cuales el individuo no encuentra los medios orgánicos para evadirlo. A fin de cuentas el sufrimiento es el resultado de una carencia, una ausencia, una privación. En estas condiciones el organismo siente la necesidad de sustituir los recursos que le faltan: no sólo agrega un estado emocional propicio, sino que además acude a los mecanismos simbólicos y cog-

¹ Stephen Jay Gould, *The structure of evolutionary theory*, p. 87.

² Antonio R. Damasio, *Descartes' error. Emotion, reason, and the human brain*, "Post scriptum".

nitivos que residen en su cerebro como pechinas y enjutas alojadas sobre los arcos de su arquitectura neuronal. Esto puede implicar desde luego el uso de armas y herramientas, pero sobre todo la asignación de voces a los objetos y a las mismas emociones o a las personas, la aplicación de signos en los caminos o en las fuentes de recursos, la ejecución de ritmos y movimientos rituales para simbolizar la identidad y la cohesión de los grupos familiares o tribales, y el uso de técnicas de clasificación como memorias artificiales.

No es seguro que haya habido un vacío de unos 60 mil años, un extraño intervalo de transición durante el cual los hombres ya anatómicamente modernos, dotados de un cerebro como el nuestro, habrían vivido sin desarrollar las capacidades simbólicas de los seres que hace más de 30 mil años crearon las figuras en marfil halladas en la cueva Hohle Fels, en el Jura suabo, y las pinturas de la cueva Chauvet en el sur de Francia. Es muy posible que sea en gran parte un vacío de información que descubrimientos venideros podrían llenar. De hecho, ya tenemos huellas de estos nuevos descubrimientos en las excavaciones de la cueva de Blombos, en África del Sur, donde es posible que haya indicios de actividad simbólica humana de hace 75 mil años.¹ Por otro lado, seguramente una parte de las huellas tempranas de las actividades cognitivas más rudimentarias, realizadas con materiales perecederos, no ha sobrevivido. Los restos más antiguos de seres humanos modernos, asociados a lítica propia del Paleolítico medio han sido hallados en el sur de África. Según la teoría más aceptada fue en ese continente donde se originó el *Homo sapiens*. Probablemente llegó a Europa en la época en que el último periodo glacial alcanzaba las más bajas temperaturas, hace más de 45 mil años. Durante ese periodo debió de expandirse el exocerebro humano, un conjunto de procesos culturales estrechamente conectados al sistema

¹ Christopher S. Henshilwood et al., "Emergence of modern human behavior: Middle Stone Age engravings in South Africa". Véase también Kate Wong, "The morning of the modern mind".

nervioso central. A partir de estos y otros indicios, Tomasello ha dicho que "la conclusión ineluctable es que los seres humanos individuales poseen una capacidad biológicamente heredada para vivir culturalmente".¹ Yo más bien creo que adolecen de una incapacidad genéticamente heredada para vivir naturalmente, biológicamente. Esto nos lleva a la búsqueda de esos circuitos neuronales que se caracterizan por su carácter incompleto y que requieren de un suplemento extrasomático.

¹ Michael Tomasello, *The cultural origins of human cognition*, p. 53.

3. PLASTICIDAD CEREBRAL

Antes de buscar circuitos neuronales incompletos que requieren de prótesis externas para funcionar es necesario abordar un problema más amplio: la forma en que las redes cerebrales se configuran para adaptarse a las experiencias con las que se enfrenta un individuo en su interacción con el contorno ambiental a lo largo de su vida. Los investigadores han demostrado la existencia, en los cerebros de los mamíferos y otros animales, de procesos de plasticidad neuronal en circuitos que requieren de experiencias provenientes del medio externo para completarse de manera normal. Hay que advertir que no toda plasticidad depende de factores externos. La plasticidad no se reduce a la manera en que ciertos circuitos cerebrales son modelados por el medio ambiente. El estudio clásico de Donald Hebb, publicado en 1949, muestra que la misma actividad neuronal puede fortalecer determinadas conexiones sinápticas cuando se produce una simultaneidad en las actividades de la terminal presináptica y del elemento postsináptico.¹ Un ejemplo muy citado de plasticidad en

¹ Donald D. Hebb, *The organization of behavior: a neuropsychological theory*. Una idea muy similar fue expuesta por F. A. Hayek en 1952 en su estimulante libro *The sensory order*, un ensayo injustamente olvidado que expone una teoría que debería hacer reflexionar a muchos neurobiólogos actuales, y que se adelanta a ideas expuestas mucho tiempo después por filósofos dedicados a las ciencias cognitivas. Hayek, gran economista, se formó primeramente como psicólogo y fue durante su época de estudiante, en 1920, cuando escribió un ensayo (que nunca publicó) donde exponía las hipótesis que mucho tiempo después presentó en su libro.

sinapsis hebbianas son las células ganglionares en la retina de los mamíferos, que organizan capas del cuerpo geniculado lateral en el tálamo al disparar oleadas de impulsos a través del ojo. Las secuelas de actividad al parecer se producen al azar, tanto en su ritmo como en su dirección, de manera que las células distantes entre sí tienen pocas posibilidades de disparar simultáneamente, por lo que la conexión que las une se debilita o desaparece. Este tipo de actividad puede observarse aun en retinas separadas del ojo y mantenidas vivas en soluciones líquidas, lo que demuestra la independencia de estos procesos de plasticidad con respecto de estímulos exteriores. Se suele explicar este tipo de plasticidad por el hecho de que permite disminuir el caudal genómico de información, pues de otra forma el surgimiento de cada neurona y de cada conexión, a lo largo del crecimiento y desarrollo de un individuo, debería estar codificado previamente en el genoma.¹

La plasticidad cerebral está relacionada con los procesos de génesis y desarrollo de circuitos que no están determinados genéticamente en forma directa. Prácticamente todas las células de nuestro organismo contienen los mismos genes. Cada gen, hecho de DNA, produce una clase de proteína, que es la sustancia de que está hecho básicamente nuestro cuerpo. Pero en cada clase de célula unos genes están encendidos y otros apagados: por ello, como se sabe desde hace mucho, el gen que produce insulina sólo lo hace en el páncreas y no en el cerebro. Lo que es un descubrimiento más reciente es el hecho de que hay genes que no están permanentemente apagados o encendidos, sino que se activan o desactivan de acuerdo con la experiencia. Es el caso de algunos genes en las neuronas, que no se pasan todo el día haciendo lo mismo. Por ello, las proteínas en el cerebro cambian según la experiencia.

Esto nos lleva a las formas de plasticidad en circuitos neuronales que requieren de experiencias provenientes del medio externo para

¹ C. J. Shatz, "The developing brain".

completarse en forma normal. Uno de los ejemplos más citados es el de la formación de las columnas correspondientes al dominio ocular en el córtex visual. Si se impide la visión de uno de los dos ojos en periodos sensitivos del crecimiento, las columnas correspondientes no se desarrollan bien y se encogen.¹ Los estudios de los efectos de la sutura monocular del párpado en monos y gatos han intentado determinar el comienzo y el final del periodo de crecimiento durante el cual el desarrollo de las columnas en la corteza visual es sensible a los estímulos externos. Al parecer el inicio mismo del periodo sensible es afectado por los impulsos visuales. Gatos que fueron impedidos de recibir estímulos visuales en ambos ojos vieron retardado el principio del proceso de formación del dominio ocular.² En los niños, es sabido que las cataratas pueden causar ceguera permanente si no son tratadas, mientras que en humanos adultos solamente causan molestias hasta el momento en que son removidas.³ Otro experimento se propuso mostrar la influencia del movimiento en la configuración de conceptos visuales. Se seleccionaron dos grupos de gatitos: los del primer grupo podían moverse libremente, pero arrastraban un cochecito que llevaba a un gatito del segundo grupo que no podía moverse aunque tenía una amplia visión del medio ambiente. Cuando después de un tiempo todos fueron liberados, los gatitos que se habían movido jalando el carrito se comportaron normalmente. Pero los que habían permanecido inmovilizados en el coche se comportaban como si estuviesen ciegos: topaban con objetos y se caían desde los bordes. Al parecer es necesaria la experiencia para que en los lóbulos parietales se formen "mapas" que permitan a los individuos ser conscientes del espacio que los rodea. El mismo

¹ D. H. Hubel y T. N. Wiesel, "The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens".

² Helen J. Neville y Daphne Bavelier, "Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans".

³ Erin Clifford, "Neural plasticity: Merzenich, Taub, and Greenough".

problema, visto desde otra perspectiva, es revelador: personas que han sufrido heridas en los lóbulos parietales son incapaces de percatarse de lo que hay en cierta área de su campo visual (generalmente el lado izquierdo). No obstante, se ha demostrado que los objetos en el área invisible activan las neuronas del córtex visual, mientras que los objetos visibles activan, además, algunas regiones del córtex prefrontal y de los lóbulos parietales.¹

Hay que subrayar el hecho de que la plasticidad que depende de la experiencia para completarse puede combinarse con otras formas. Diversos estudios muestran que la actividad neuronal espontánea proporciona guías para la construcción de circuitos en el córtex visual. Experimentos en hurones, a los que se les cortaron los nervios ópticos sin afectar la conexión talámico-cortical, mostraron que al cabo de unas siete horas retornaron los impulsos talámicos de alta frecuencia en forma incluso más correlacionada que lo normal. Esto puede indicar que la construcción de las columnas del dominio óptico no depende totalmente de la actividad generada en la retina.²

Los ejemplos que he dado se refieren a un tipo de plasticidad que espera la experiencia de estímulos externos para desencadenarse. Hay que agregar otra forma de plasticidad que nos acerca más a mi hipótesis: se trata de procesos de plasticidad que, aunque no requieren de los estímulos exteriores, son modificados por la experiencia. Esta forma de plasticidad se refiere a los cambios neuronales que ocurren como consecuencia del aprendizaje. Los experimentos de William Greenough han explorado este tipo de plasticidad. Este investigador y sus colegas criaron dos grupos separados de ratas desde una edad temprana, de 28 a 32 días, en ambientes muy diferentes. Las ratas del primer grupo fueron colocadas en jaulas individuales

¹ P. Vuilleumier et al., "Neural fate on seen and unseen faces in visuospatial neglect: a combined event-related functional MRI and event-related potential study".

² Lawrence C. Katz et al., "Activity and the development of the visual cortex: new perspectives".

y se le proporcionó solamente comida y agua. El segundo grupo fue puesto en amplias jaulas junto con otras ratas; allí tenían juguetes diversos y una gran variedad de estímulos interesantes y cambiantes que podían explorar libremente. Al examinar sus cerebros un mes después se encontraron grandes diferencias: las ratas que habían crecido en un medio estimulante tenían un 60 por ciento más de espinas dendríticas multicéfalas en las neuronas del cuerpo estriado.¹ Es posible que las espinas multicéfalas indiquen la presencia de conexiones paralelas entre neuronas, lo que podría reforzar, debilitar o crear conexiones a nuevas sinapsis, con lo que se alteraría el mapa neuronal.

Hay un ejemplo particularmente revelador de los cambios provocados por el medio ambiente social en el cerebro. En el lago Tanganica habita una comunidad de peces cíclidos denominada *Haplochromis burtoni*. En su medio natural se observa en ella la presencia de dos clases de machos: los que dominan un territorio y aquellos que carecen de territorio. Aproximadamente sólo uno de cada diez machos tiene un comportamiento dominante, y se distingue por su color brillante, azul o amarillo, con una notable raya negra a través del ojo, barras verticales negras, una mancha negra en la punta de la cubierta de la agalla y otra gran mancha roja detrás. Esta apariencia espectacular contrasta con los colores poco llamativos y apagados con que se camuflan los machos no territoriales, quienes se parecen mucho a las hembras y se confunden con el contorno en que viven. Los coloridos machos dominantes defienden con violencia sus respectivos territorios en torno a fuentes de alimentación, pelean con los machos de territorios vecinos, persiguen a los machos no dominantes y cortejan a las hembras. Los machos no dominantes sobreviven gracias a que imitan el comportamiento de las hembras y se confunden entre ellas, aunque con frecuencia son descubiertos y expulsados. Pero hay otra peculiaridad que distingue a los machos do-

¹ Erin Clifford, "Neural plasticity: Merzenich, Taub, and Greenough".

minantes: las neuronas en la región pre-óptica del hipotálamo ventral que contienen la hormona que emite gonadotropina (GnRH) son mucho más grandes que en las hembras y los machos no dominantes. Sin embargo, esta situación no es estable. Cuando, en los experimentos, se trasladó a un macho adulto dominante a una comunidad donde los otros machos eran más grandes, al cabo de apenas cuatro semanas se convirtió en macho dominado y sus neuronas con GnRH se redujeron de tamaño. Mucho menos tiempo (una semana) necesita un macho no territorial, colocado en un nuevo medio donde los otros machos son más pequeños, para que sus neuronas con GnRH adquieran un tamaño mayor. Habría que agregar que no todo es ventajoso para el vistoso y activo macho que domina un territorio: sus colores llaman fácilmente la atención de las aves predatorias, de manera que su reino territorial suele ser relativamente breve. Resulta evidente que las interacciones sociales y la jerarquía influyen poderosamente en el tamaño de las neuronas.

¿Qué es lo que determina esta extraordinaria plasticidad cerebral? Las investigaciones han señalado la probable existencia de una hormona, el cortisol, que sería la señal mediadora entre la tensión a que son sometidos los animales cuando cambia el contorno social y los procesos fisiológicos que aumentan o disminuyen el tamaño de las neuronas. Así, tendríamos un circuito o una cadena que comprendería la posición social, la generación de una hormona, su función como señal que desencadena cambios en la expresión genética y en la configuración de cierto tipo de neuronas. Lo más revelador de este proceso es que inscribe en un mismo circuito señales celulares y moleculares endógenas con cambios exógenos en las relaciones sociales de dominación.¹ Otros estudios, en animales y humanos, han mostrado la sensibilidad y vulnerabilidad del hipocampo ante las tensiones psicosociales, y revelado su plasticidad como respuesta a cam-

¹ Russell D. Fernald y Stephanie A. White, "Social control of brains: from behavior to genes".

bios hormonales. Una continua tensión ocasionada por un contorno social dificultoso puede causar una supresión de los procesos de neurogénesis en la circunvolución dentada y una atrofia de las neuronas piramidales del hipocampo.¹

Quiero ahora examinar un tipo de circuito neuronal en el que interviene también un proceso de retroalimentación exógeno. El canto de muchas aves canoras, una vez pasado el periodo de aprendizaje, manifiesta una estructura acústica repetitiva cuya gran estabilidad es independiente del hecho de que el animal escuche a otras aves. Sin embargo, se ha mostrado que en el caso de los pinzones zebra es requerida la retroalimentación que implica escuchar a las otras aves para mantener estable la estructura acústica de su canto. Cuando se provocó sordera en pinzones adultos se descubrió que paulatinamente su canto se iba deteriorando. Ello ocurre debido a que existe un circuito neuronal de retroalimentación. Las investigaciones, además, han mostrado que en estas aves hay un circuito en la parte rostral del cerebro anterior, esencial durante el aprendizaje, que modula la plasticidad neuronal. Este circuito no forma parte de las conexiones motoras básicas que unen el núcleo del canto (HVC) con el núcleo premotor (RA), que a su vez se liga con las áreas de control vocal, las neuronas respiratorias y las neuronas de la musculatura de los órganos vocales. La actividad del primer circuito continúa después del periodo de aprendizaje, se activa durante el canto y es muy sensible al contexto social en el que los pinzones interactúan. Es una especie de circuito mediador entre el ámbito externo y la plasticidad interna.²

La mayor parte de los estudios sobre la plasticidad cerebral vinculada al contorno ambiental y social se ha orientado a buscar los caminos que sigue la influencia del medio externo en el proceso de

¹ Bruce S. McEwen, "Stress, sex, and the structural and functional plasticity of the hippocampus".

² Allison J. Doupe et al. "The song system: neural circuits essential throughout life for vocal behavior and plasticity". Véase también Arturo Álvarez Buylla y Carlos Lois, "Mecanismos de desarrollo y plasticidad del sistema nervioso central".

modificar las redes neuronales. Es decir, la investigación ha observado principalmente el proceso en un solo sentido: de afuera hacia adentro. Un estimulante ensayo de Stephan Kennepohl se pregunta si es posible una neuropsicología cultural que investigue la asociación entre las variaciones en el contexto cultural y las diferencias en el sistema nervioso. Los factores culturales contribuyen a modelar el cerebro en diversas formas: el contorno ecológico propio de cada cultura podría activar ciertas conexiones neuronales, el aprendizaje infantil altera en forma diferencial el desarrollo del cerebro y en los adultos se mantiene, aunque con menor flexibilidad, la adaptación del cerebro a nuevas experiencias.¹ El modelo es esencialmente unidireccional, centrado en la aprehensión de lo que está afuera para depositar su representación (o algo similar) en el interior del cerebro, provocando con ello modificaciones en las conexiones neuronales. Prácticamente no se considera la posibilidad de que los canales que conducen la influencia de la cultura en el cerebro sean de doble sentido, formando auténticos circuitos.

Numerosas experiencias muestran que los obstáculos y los cambios en el contorno social y cultural generan modificaciones de la estructura neuronal. Acaso el ejemplo antiguo más espectacular es el de los llamados niños salvajes, así como los casos de cruel encierro y privación de contacto con otros seres humanos. Aunque alguna vez se creyó que se trataba de humanos en estado puro de naturaleza, ha resultado evidente que los niños que crecen en esa situación ven profunda y en ocasiones permanentemente afectadas sus facultades cognitivas, muestran señales de retraso mental y carecen de habilidades lingüísticas. Ello parece indicar que las condiciones de extrema privación modifican algunas estructuras neuronales. Pero más allá de este fenómeno de plasticidad cerebral, cabe preguntar si parte de las modificaciones se debe al hecho de que algunos circuitos cere-

¹ Stephan Kennepohl, "Toward a cultural neuropsychology: an alternative view and preliminary model".

brales quedan incompletos y eventualmente se atrofian. Ello podría indicar que existen estructuras neuronales cuya función normal depende de que logren extender sus circuitos fuera del cerebro.

En este punto me parece importante reflexionar sobre la tradicional dualidad a la que recurren los neurocientíficos: lo interior y lo exterior. Se suele partir de una consideración general: para entender a los organismos vivos es necesaria la definición del límite que los separa del exterior. Las estructuras propias del organismo se encuentran dentro de sus límites y la vida se define como el mantenimiento de estados internos que definen una singularidad individual. Para Antonio Damasio el medio interior es un precursor de la conciencia. La regulación del estado interno contrasta con la variabilidad del medio que rodea al organismo. Aun la ameba, que no tiene ni cerebro ni mente, "se las arregla para mantener en equilibrio el perfil químico de su medio interno, mientras que alrededor, en el ambiente exterior, se puede desencadenar el infierno". A partir de este tipo de consideraciones elementales, Damasio asegura que la conciencia "ocurre más bien en el interior de un organismo que en público, aunque se asocia con varias manifestaciones públicas". Está convencido de que la conciencia es "un sentido interior", según ha establecido una tradición apuntalada por pensadores tan diversos como Locke, Brentano, Kant y William James.¹ Comprendo y apoyo la resistencia de los neurólogos ante ideas metafísicas que no aceptan que las funciones mentales, incluyendo la conciencia, están basadas en la actividad cerebral. Por ello suelen rechazar el dualismo cartesiano. Sin embargo, dibujar los límites del cerebro no es una tarea tan fácil como podría suponerse.

Sin duda la actividad cerebral en que se basa la conciencia tiene un carácter estable y organiza el medio mental interno de tal manera que asegura la coherencia y la continuidad del organismo individual. Esta actividad cerebral interna acumula en la memoria información sobre

¹ Antonio Damasio, *The feeling of what happens*, pp. 136, 83 y 126.

el contorno exterior. Sin embargo, como han señalado Gerald Edelman y Giulio Tononi, esta memoria no tiene un carácter representacional. Aparentemente no existe un lenguaje cerebral que –como en una computadora– opere mediante representaciones que impliquen una actividad simbólica. No parece haber en los procesos neuronales códigos semánticos. El cerebro funciona de manera similar al sistema inmunológico: los anticuerpos no son representaciones de peligrosos antígenos, aunque forman parte de una memoria inmunológica. Igualmente, un animal reacciona a las peculiaridades de su contorno sin que por ello su organismo sea una representación del nicho ecológico.¹ Este nicho no es un enrevesado caos de información, sino que en cierta manera funciona como un sistema de códigos relativamente estable. Pero si aumenta la inestabilidad ambiental, la manera humana de sobrevivir consiste en que algunos circuitos internos no representacionales se conectan con circuitos culturales altamente codificados y simbólicos, con representaciones semánticas y estructuras sintácticas y con poderosas memorias artificiales.

Me parece que la conexión entre los circuitos neuronales internos y los procesos culturales externos nos ayuda a tender un puente entre el cerebro y la conciencia. En una fascinante discusión entre Jean-Pierre Changeux y Paul Ricoeur, este último se resiste tercamente a aceptar que la neurobiología pueda encontrar ese puente. En cambio Changeux, el neurobiólogo, no acepta poner límites a priori, y confía en que su ciencia terminará por resolver el misterio. Y sin embargo es Ricoeur quien hace una afirmación que abre nuevas perspectivas: “la conciencia no es un lugar cerrado del que me pregunto cómo alguna cosa entra desde afuera, porque ella está, desde siempre, fuera de ella misma”. Changeux acepta la idea, pero señala que

¹ Gerald Edelman y Giulio Tononi, *A universe of consciousness. How matter becomes imagination*, p. 94.

es difícil darle una base experimental seria a una posible abolición de la relación interior / exterior.¹

Es posible que la solución del problema se encuentre en un tipo de investigación que no acepte la separación tajante entre el espacio neuronal interior y los circuitos culturales externos. Para ello, en mi interpretación, habría que pensar que los procesos cognitivos son como una botella de Klein, donde el interior es también exterior. Pero esta clase de investigación avanza con grandes dificultades debido a que muchos neurocientíficos suelen ser alérgicos al uso de los descubrimientos de las ciencias de la sociedad y la cultura. La psicología, que era supuestamente un puente de comunicación, en realidad obstruyó los contactos y se ha convertido, como afirma Michael S. Gazzaniga, en una disciplina muerta. La neurociencia dura sólo acepta a la lingüística, aunque suele despojarla de su rico contexto antropológico. Es sintomático que Gazzaniga tenga la necesidad de suponer la existencia de un aparato neuronal traductor e interpretador ubicado en la corteza cerebral izquierda, encargado de generar la ilusión de una conciencia individual coherente.² ¿No se trata de una nueva visión dualista que ha sustituido al viejo homúnculo con un mecanismo interpretador?

¹ Sin embargo, Changeux señala como ejemplo las neuronas-espejo, un descubrimiento que ya ha estimulado muchos estudios y discusiones, y al cual me referiré más adelante. Jean-Pierre Changeux y Paul Ricoeur, *Ce qui nous fait penser. La nature et la règle*, pp. 137 y 141.

² Michael S. Gazzaniga, *The mind's past*, pp. 24ss.

4. ¿HAY UN LENGUAJE INTERIOR?

Puede parecer muy atractiva la idea de que dentro del cerebro existe algún mecanismo interpretador que tiene la capacidad de traducir los códigos neuronales a símbolos culturales (y viceversa). La expresión más conocida e influyente de esta idea fue formulada por Chomsky, quien impulsó una búsqueda de los circuitos neuronales innatos de la estructura gramatical universal común a todos los humanos. Muchos neurocientíficos dudan que exista en el sistema nervioso esta estructura lingüística. Y si existen tales circuitos mediadores, no se han encontrado aún. Se trata de un problema espinoso, no sólo debido a su dificultad intrínseca, sino también porque ha sido contaminado por la vieja polémica sobre el peso relativo de lo cultural y lo natural en la configuración de la conciencia. Es evidente que el lenguaje se encuentra montado tanto en el espacio neuronal como en la dimensión cultural. Desde mi punto de vista, más que polemizar sobre si el lenguaje está inscrito en una de las dos regiones más que en la otra, es necesario estudiar las estructuras lingüísticas como un puente que une al cerebro con la cultura. No creo que sea suficiente comprobar que la lengua y su contexto ejercen una importante influencia y que, gracias a la plasticidad, modifican los circuitos nerviosos. Tampoco basta con establecer que los circuitos neuronales innatos imprimen sus huellas en la estructura del lenguaje y en su contorno social. Me gusta más bien explorar la posibilidad de que el lenguaje forme parte de las redes exocerebrales, que como tales no están propiamente dentro del cerebro, pero tampoco

son un fenómeno independiente desconectado de los circuitos nerviosos.

Partamos de un ejemplo concreto. Las investigaciones han mostrado que hay diferentes patrones de actividad cerebral que separan los procesos semánticos de los sistemas gramaticales. Mediante el estudio de los potenciales cerebrales relacionados con eventos (ERP, por sus siglas en inglés)¹ se logra determinar que el uso de nombres y verbos (información léxica y semántica) provoca una actividad cerebral peculiar que implica una mayor activación de los sistemas ubicados en las regiones posteriores temporales y parietales. En contraste, el uso de preposiciones y conjunciones (información gramatical y sintáctica) activa las regiones parietales frontales del hemisferio cerebral izquierdo. Por otro lado, también se observan diferentes patrones de activación según las imágenes que transmite la retina del ojo procedan del centro o de la periferia del campo visual. Estas investigaciones indican la presencia de dos patrones de plasticidad en relación al procesamiento cerebral de información visual y lingüística. Los sistemas que son sensibles durante toda la vida a la experiencia y al aprendizaje se relacionan con la semántica, la topografía de mapas sensoriales y la forma de los objetos. En contraste, los sistemas neuronales que son modificables en periodos limitados y tempranos del crecimiento se relacionan con la gramática y la computación de las relaciones dinámicas cambiantes entre locaciones, objetos y sucesos. Por lo que se refiere a las imágenes visuales, las que proceden del centro del campo visual (y que se refieren a la forma) privilegian los caminos ventrales que parten de la primera área visual (V1), mientras los que proceden de la periferia (y se relacionan con la localización y el movimiento) utilizan preferentemente los caminos dorsales.² Esta hipótesis general se apuntala con

¹ *Event-related brain potentials*: variaciones de voltaje en el electroencefalograma como respuesta a estímulos controlados.

² Helen J. Neville y Daphne Bavelier, "Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans".

el conocido hecho de que la mayor plasticidad para aprender la estructura de una segunda lengua ocurre en la niñez, mientras que la acumulación de léxico tiene abiertas las puertas toda la vida.

Por supuesto, de aquí no podemos concluir que el sistema sintáctico-gramatical es innato y en cambio el sistema léxico-semántico es adquirido culturalmente. O que las imágenes espaciales no son innatas, mientras que las imágenes dinámicas sí lo son. Comprobamos que diferentes procesos usan circuitos relativamente separados y que cada uno de ellos se caracteriza por tener distintos grados y tipos de plasticidad. Cada sistema tiene una diferente relación de dependencia con respecto al aprendizaje y la experiencia social. Patricia Kuhl señala que estamos ante dos interpretaciones alternativas. Podemos, en primer lugar, suponer con Piaget y Chomsky la existencia de un desarrollo neuronal programado genéticamente que implementa los procesos de aprendizaje, pero cuyo desarrollo no es modificado por la experiencia. La segunda interpretación, en cambio, tiene un carácter bidireccional: el desarrollo del cerebro implementa e impulsa el aprendizaje, pero éste también impulsa el desarrollo de los circuitos nerviosos; esta interpretación tendría su origen en las ideas de Vygotsky. Kuhl se inclina por la segunda interpretación, y plantea que tanto la entrada de información lingüística como la interacción social que ocurren durante los primeros años de vida son necesarios y producen mapas cerebrales que alteran la percepción.¹ La necesidad de dar entrada a información lingüística parece ser innata, pero el cerebro depende del uso de procesos simbólicos y lógicos que las redes neuronales no pueden procesar sin acudir a mecanismos culturales. Por ejemplo, la fijación de un espectro de distinciones fonéticas significantes, propio de cada lengua, es un proceso que se da muy temprano en la vida de los niños, antes de que aprendan palabras. Pero no se ha ubicado un centro del lenguaje claramente definido en el cerebro. Estudios en personas que han aprendido

¹ Patricia K. Kuhl, "Language, mind, and brain: experience alters perception".

tardíamente una segunda lengua activan dos regiones distintas del córtex. La conclusión de Kuhl es que la adquisición tardía de una nueva lengua es difícil debido a que los mapas mentales del habla—dibujados a partir de la lengua materna— no son compatibles con los mapas que requiere el nuevo lenguaje, de manera que se construyen en una región diferente. Los estudios más recientes confirman el problema al que nos enfrentamos: no existe un área del lenguaje unificada en el cerebro donde se computan y procesan las señales lingüísticas. En el procesamiento del lenguaje intervienen diferentes circuitos y las funciones lingüísticas no están restringidas a las áreas de Broca y Wernicke.

Y sin embargo el cerebro no es una torre de Babel. El uso del lenguaje revela una actividad cerebral estructurada y estable. ¿De dónde procede este orden? ¿Hay un lenguaje cerebral interno que da coherencia a las conexiones entre diversas áreas del sistema nervioso central? Se ha podido comprobar que cuando ocurren filtraciones anormales entre circuitos cerebrales diferentes aparecen efectos extraños y reveladores. La sinestesia es una condición en la que diferentes señales se cruzan y se mezclan. Así, una señal táctil produce un sabor amargo, una nota musical al ser escuchada provoca que se vea un color azul o ciertos números impresos en negro son vistos de otro color. Ramachandran y Hubbard, que han estudiado este fenómeno, afirman que hay un componente genético que teje conexiones en el cerebro entre áreas que normalmente están separadas. La mutación genética causa un exceso de comunicaciones entre diferentes mapas cerebrales: si la porosidad es muy extensa se genera una condición sinestésica, pero si no es muy amplia simplemente impulsa una propensión creativa a encontrar lazos entre conceptos e ideas que no tienen una relación aparente. Los autores de esta investigación suponen, con razón, que se trata de una condición que puede ayudar a comprender el origen del lenguaje. El surgimiento en homínidos primitivos de asociaciones simbólicas y metafóricas entre sensaciones visuales y sonidos pudo haber sido una palanca impor-

tante en la formación de nombres para los objetos. Una persona que sufre una condición sinestésica conecta, por ejemplo, el número 5 con la experiencia del color rojo. Lo que ocurre es un enlace espontáneo entre un símbolo y una sensación. Es interesante notar que muchos sinestésicos no ven el color rojo cuando leen un V romano. En estos casos no es el concepto de un número, sino un grafema visual el que genera la visión del color. Hay otros sinestésicos que sí responden al concepto numérico, lo que podría deberse al lugar preciso del cerebro donde se produce la interconexión o el cortocircuito.¹ Podemos suponer que una mutación primigenia pudo realizar una nueva conexión entre áreas anteriormente incomunicadas, con lo que se propició el surgimiento de relaciones simbólicas y metafóricas. Pero lo importante es que alguno de los circuitos que se interconectan tiene, digámoslo así, una ventana abierta al contorno social y cultural. La novedad radica en que esta ventana permite captar y usar símbolos externos como parte de un proceso que representa señales del contorno mediante sensaciones. Cabe recordar aquí la intuición de Marshall McLuhan, que se dio cuenta de que los medios masivos de comunicación, como la radio y la televisión, son “prolongaciones masivas de nuestro sistema nervioso central” que han “envuelto al hombre occidental en una sesión diaria de sinestesia”.² En realidad esta fuerza unificadora sinestésica ha operado desde hace milenios, pero en una escala más reducida.

Muchos neurólogos sostienen que los circuitos de la memoria no tienen un carácter representacional, y que no existe un lenguaje del pensamiento. Como ya he señalado, ésta es la posición de Gerald Edelman y de Giulio Tononi, que explican la memoria no representacional con una metáfora: el sistema de la memoria sería como un glaciar que con la llegada del calor se derrite en muchos arroyuelos

¹ Vilanayur S. Ramachandran y Edward M. Hubbard, “Hearing colors, tasting shapes”.

² Marshall McLuhan, *Understanding media: the extensions of man*, capítulo 31.

que desembocan en una gran corriente que alimenta un estanque en el valle. El ciclo climático puede variar y cambiar la configuración de los riachuelos y crearse nuevos cauces. Incluso puede nacer un nuevo estanque asociado al primero. La secuencia se repite con gran estabilidad, el flujo de agua que desciende es el mismo cada año aunque se derrama en forma diversa, los cambios de temperatura asemejan variaciones sinápticas y las redes de corrientes son como la anatomía neuronal. Todo ello ocurre sin necesidad de códigos, símbolos o metáforas, ni de imágenes o representaciones proyectadas en el cerebro de tal manera que un misterioso homúnculo espectador las contemple y las descifre.¹

Esta situación nos confronta con el problema de explicar la manera en que circuitos neuronales carentes de símbolos o representaciones pueden conectarse con circuitos culturales altamente codificados, regidos por redes simbólicas, semánticas y sintácticas. Aun suponiendo que el cerebro funcione de acuerdo con códigos y símbolos todavía no descubiertos, tendremos que explicar la manera en que se comunican dos sistemas de naturaleza aparentemente diversa. Y esto nos devuelve al punto de partida: la idea de buscar un aparato mediador y traductor en el cerebro, capaz de transformar los códigos externos en señales químicas y eléctricas. Independientemente de que exista o no este aparato neuronal traductor, quiero destacar el hecho de que hay un aspecto común en las operaciones mentales relacionadas con símbolos: en muchos momentos del proceso acuden al contorno externo para obtener información y para confirmar o procesar las actividades cerebrales. El cerebro sin duda

¹ Gerald Edelman y Giulio Tononi, *A universe of consciousness*, p. 99. Antonio Damasio, en cambio, dice que las "representaciones neurales, que consisten en modificaciones biológicas creadas mediante aprendizaje en un circuito neuronal, se convierten en imágenes en nuestra mente" (*Descartes' error. Emotion, reason, and the human brain*, capítulo 5). Se suele considerar que los "disparos" de las neuronas, que son potenciales de acción que las despolarizan, son algo así como "el fonema fundamental del cerebro", para usar la expresión de Simón Brailowsky (*Las sustancias de los sueños*, p. 54).

no es un espacio interior caótico, pero es importante señalar que en cierta medida la coherencia y la unidad de los procesos mentales conscientes es proporcionada por el exocerebro y, de manera destacada, por las estructuras lingüísticas que se han estabilizado en el contorno cultural a lo largo de milenios.

No estoy argumentando a favor de la idea de la mente como una tabla rasa, una noción que carece de interés y de base científica.¹ La cultura tampoco es una tabla rasa o una página en blanco. Y si me ha interesado señalar la importancia de la plasticidad en el sistema nervioso es para reflexionar sobre el hecho de que hay estructuras cerebrales que requieren del medio cultural para desarrollarse. Este hecho me parece indicar la posibilidad de que existan también sistemas cerebrales poco flexibles cuyo crecimiento está determinado por factores genéticos y que no obstante dependen de la experiencia social y necesitan de los circuitos culturales para operar normalmente. En concreto, la pregunta que surge aquí es la siguiente: ¿existen correlatos neuronales del lenguaje y de la conciencia? Cuando Christof Koch y Francis Crick se enfrentan a este problema sostienen que el cerebro, para ser conciente de un objeto, tiene que construir una interpretación simbólica, en niveles múltiples, de la escena visual. Se trata de un proceso explícito, es decir, de un grupo más bien reducido de neuronas que emplea una codificación poco refinada para representar una parte del campo visual. Para estos investigadores, a diferencia de lo que piensa Edelman, sí hay representaciones en los circuitos cerebrales, y plantean una hipótesis: el correlato neuronal de la conciencia debe tener acceso a información visual codificada explícitamente y se proyecta directamente en las plataformas planificadoras del cerebro, asociadas a los lóbulos frontales y a la cor-

¹ Quienes todavía se interesen por este tema arcaico pueden consultar el libro de Steven Pinker, *The blank slate*. Se trata de un larguísimo panfleto contra un edificio en ruinas, que se propone legitimar una visión alternativa mediante una demolición fácil.

teza prefrontal.¹ Crick y Koch consideran que este correlato neuronal es el disparo sincronizado de las neuronas que simbolizan los diferentes atributos de un mismo objeto visual. Más específicamente, se trataría de las oscilaciones periódicas de diversos grupos de neuronas, a una frecuencia promedio de 40 ciclos por segundo (40 hertz). Estas oscilaciones fueron registradas desde 1981 por dos equipos alemanes de investigación, quienes creyeron explicar con ellas la manera en que se enlazan y correlacionan entre sí grupos dispersos de neuronas para lograr formar la imagen unificada de un objeto.²

Se trata de una hipótesis interesante, pero hasta ahora no hay indicios firmes de que estos enlaces coordinados por oscilaciones a 40 hertz sean efectivamente una acción simbólica codificadora de carácter representacional propia de un correlato neuronal de la conciencia. Esta hipótesis está enmarcada en la imagen de un sistema nervioso visto como una inmensa red de alambres que conectan a las neuronas. Cada neurona tiene una larga ramificación (el axón) que conduce señales eléctricas hasta una sinapsis que emite señales químicas mediante neurotransmisores a una dendrita receptora de la neurona contigua. Este paisaje, sostiene R. Douglas Fields, deja fuera de consideración la gran masa cerebral constituida por células gliales, que suelen ser consideradas como el cemento que sostiene a las neuronas, les asegura un contexto químico adecuado y aísla los axones, mediante la producción de mielina, para facilitar la rápida conducción de señales. Pero ahora se sabe que las células gliales son capaces de comunicarse (por medios químicos, no eléctricos) entre

¹ Christof Koch y Francis Crick, "Some thoughts on consciousness and neuroscience", p. 1292.

² Véase una inteligente explicación panorámica de este problema en Francisco Javier Álvarez Leefmans, "La emergencia de la conciencia". Francis Crick expone su visión general del problema en su libro *The astonishing hypothesis*, capítulo 17. Koch y Crick ya no creían en 2002 que las oscilaciones a 40 hertz sean una "condición suficiente" para los correlatos neuronales de la conciencia ("A framework for consciousness").

ellas y con las neuronas, y pueden participar en el fortalecimiento de sinapsis, un proceso típico de esta forma de plasticidad que responde a las experiencias del aprendizaje.¹ Estas nuevas investigaciones están abriendo un campo inmenso, pues en el cerebro hay nueve células gliales por cada neurona. Sin embargo, aquí tampoco se conocen los códigos precisos que norman las señales químicas que se transmiten.

La existencia de un exocerebro nos conduce a la hipótesis de que los circuitos cerebrales tienen la capacidad para usar en sus diversas operaciones conscientes los recursos simbólicos, los signos y las señales que se encuentran en el contorno, como si fueran una extensión de los sistemas biológicos internos. Los circuitos exocerebrales sustituirían las funciones simbólicas que no puede realizar el sistema nervioso. Sin embargo, ello no implica que no sea necesario buscar los códigos electroquímicos mediante los cuales opera el cerebro. En cierta forma esto extiende el problema de la búsqueda del enlace que unifica la actividad de varios conjuntos neuronales dispersos en el cerebro para lograr la imagen unificada de un objeto. Ahora hay que buscar también un enlace entre el cerebro y el exocerebro que no sea reducido a la burda noción de un contorno que emite señales o estímulos y un sistema nervioso que da entrada a la información para procesarla e instruir al cuerpo para que actúe en consecuencia.

¹ R. Douglas Fields, "The other half of the brain".

5. AMPUTACIONES Y SUPUTACIONES

El contorno exterior más cercano al cerebro es el propio cuerpo. La vista y el oído reciben un gran caudal de información procedente del mundo extracorporal. En cambio los mapas sensoriales y motores de la corteza cerebral se conectan con las experiencias íntimas del cuerpo. Cada hemisferio cerebral contiene mapas del lado opuesto del cuerpo. Estos mapas son muy estables a lo largo de la vida y son similares en todos los individuos. Sin embargo, accidentes que implican la pérdida de alguna extremidad o la interrupción del flujo nervioso procedente de alguna parte del cuerpo provocan modificaciones importantes de los mapas motores y sensoriales. Estudios en monos han mostrado cómo se dibuja en una zona precisa de la corteza cada dedo de la mano, así como las diversas regiones de la palma y del dorso, en un orden y en una disposición similares a la forma de la extremidad. Si se amputa el tercer dedo (o se segmenta su flujo nervioso) al poco tiempo las áreas cerebrales contiguas correspondientes a los dígitos segundo y cuarto invaden el espacio del tercero. Esta modificación es reversible si se restaura el flujo nervioso. Se cuenta con mucha información sobre las adaptaciones plásticas en la corteza cerebral de diversas especies de mamíferos cuando son amputadas sus extremidades: en todos los ejemplos las áreas correspondientes responden a impulsos que provienen de zonas corticales adyacentes, aunque a veces puede permanecer silenciosa alguna parte que deja de responder a señales del cuerpo. A esta misteriosa reorganización se agrega un descubrimiento extraordinario: el área

cerebral correspondiente al brazo paralizado de un mono se activa cuando se toca la cara, especialmente la barbilla y la quijada.¹ La pregunta que surge es la siguiente: ¿por qué en lugar de permanecer desactivadas y silenciosas, las regiones del córtex que corresponden a una parte paralizada o amputada del cuerpo se insertan en un proceso de reorganización masiva del mapa cerebral? ¿Por qué ocurre esta extraña expresión de horror al vacío? Los investigadores no tienen una respuesta. Y, como veremos, las consecuencias de la reorganización, que borra los espacios silenciosos vacíos, tienen efectos extraños y aparentemente indeseables. Pero si partimos de la idea de que hay procesos neuronales incompletos que requieren, para funcionar, de circuitos exocerebrales, acaso esta peculiar aversión al vacío sea comprensible. Los conjuntos neuronales que súbitamente pierden sus funciones buscan completarse mediante su reconexión con otros circuitos vecinos.

El descubrimiento de la extraordinaria plasticidad de los mapas motores y sensoriales ocasionada por heridas y amputaciones llamó la atención de V. S. Ramachandran, un neurólogo interesado en comprender el curioso fenómeno de los miembros fantasma que perciben las personas que han sufrido una amputación de sus extremidades.² Pronto reconoció en sus pacientes lo que se había observado en los experimentos con macacos, ratas y otros mamíferos: a pesar de haber perdido alguna extremidad percibían su presencia e incluso llegaban a sentir dolor en el miembro inexistente. La mano fantasma no era el efecto estafalario de suputaciones psíquicas sin base fisiológica: esa persona sentía efectivamente su mano ausente si se le tocaba la mejilla o el antebrazo. De hecho se podía estimular con gran precisión cada dedo de la mano amputada siguiendo el dibujo

¹ Pons, Tim, P. E. Garraghty, A. K. Ommaya, J. H. Kaas, E. Taub y M. Mishkin, "Masive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques".

² V. S. Ramachandran y Sandra Blakeslee, *Phantoms in the brain. Human nature and the architecture of the mind*, capítulo 2.

invisible que fue descubriendo el investigador en la cara y el antebrazo. Pronto descubrió otros casos en que la persona tenía sensaciones en el miembro fantasma al estimular otras regiones: una mujer sentía su pie ausente cuando hacía el amor, otro declaró que incluso tenía orgasmos en su pie amputado y una mujer que había sufrido una radical mastectomía tenía sensaciones eróticas en sus pezones fantasma cuando le estimulaban los lóbulos de las orejas. Ramachandran ofrece dos posibles explicaciones. Podría tratarse del crecimiento de nuevos brotes o retoños en las fibras nerviosas, pero en esta hipótesis no queda claro cómo puede producirse este proceso de una forma organizada. Otra posibilidad es que haya una enorme redundancia de conexiones, una sobreadundancia de enlaces no utilizados o sin función específica que como un ejército de reserva entraría en acción en caso de necesidad. Según esta última hipótesis existirían conexiones, aunque inhibidas, entre la mejilla o los genitales y la zona del córtex que se vincula con la mano o con el pie. La inhibición cesaría en el momento en que se interrumpe el flujo normal de señales.¹ Pero esto no explica que se activen conexiones reservadas o inhibidas sin ninguna necesidad: ¿para qué necesitamos tener un orgasmo en el pie fantasma? ¿De qué sirve tener cosquillas en una mano amputada o sufrir intensos dolores en una pierna inexistente? En todo caso, sea que broten nuevas conexiones o que se desinhiban las ya existentes, subyace una tendencia —determinada genéticamente, supongo— que impide que ciertos conjuntos neuronales vivan en una condición de apagada incompletitud. Los circuitos tienden a completarse, así sea en forma aberrante.

El mapa cortical más conocido es el que dibujó el neurocirujano Wilder Penfield en forma de un homúnculo que yace acostado con la cabeza hacia abajo sobre un hemisferio cerebral, con los miembros representados en forma proporcional al tamaño del área de la cor-

¹ En estos procesos podrían tener una función las células gliales del sistema nervioso central que emiten moléculas que inhiben el crecimiento de axones.

teza motora con que se vinculan: en el centro una enorme mano con un inmenso pulgar a la que sigue hacia arriba un cuerpo diminuto pegado a un pie más grande con los genitales sobre los dedos; en la otra dirección, hacia abajo, un cuello diminuto y una cara con una boca muy abultada, grandes ojos y, fuera del rostro, una larga lengua. Los científicos no sólo trazan mapas sensoriales referidos a los movimientos. Las sensaciones de calor, frío y dolor tienen sus mapas peculiares, así como las señales táctiles. Se han dibujado más de treinta mapas referidos al sentido de la vista. La estabilidad de estos mapas a veces es alterada por la disfunción o interrupción de algunos circuitos. Es entonces cuando se producen cortocircuitos anormales que generan un complejo proceso de retroalimentación y que intervienen diversas cadenas de neuronas. Ramachandran demostró la importancia de los circuitos visuales en la gestación y modificación de las sensaciones fantasmales. Mediante un sistema de espejos llegó incluso a eliminar partes de un brazo fantasma, cambiar su rígida posición a una más cómoda y eliminar el dolor. Interesado en el tema de la definición de la identidad corporal y de la conciencia, realizó varios experimentos en individuos normales para lograr que la nariz de otra persona, una mano de plástico, una silla o una mesa fueran considerados como parte de su cuerpo, de manera similar a la sensación de quien conduce un automóvil, que percibe la máquina como una extensión de su identidad somática. Para Ramachandran lo que ocurre es que nuestro cuerpo mismo es un fantasma que el cerebro ha construido meramente para su conveniencia: la imagen estable que tenemos de nuestro cuerpo, en el que está anclado nuestro ego, es una construcción interna transitoria, una suputación que puede ser modificada incluso mediante algunos trucos simples.¹ Yo interpreto esta afirmación como un reconocimiento de la presencia de redes exocerebrales que tienen al menos dos componentes: en primer lugar los órganos y partes del cuerpo a las que lle-

¹ V. S. Ramachandran y Sandra Blakeslee, *Phantoms in the brain*, pp. 58-62.

gan los nervios; en segundo lugar las extensiones materiales que proporciona el ambiente cultural. Yo considero que, propiamente, el exocerebro abarca sólo al segundo componente, junto con las redes simbólicas y lingüísticas. Pero la experimentación con el primer componente —de carácter somático— nos da claves para entender las mediaciones entre el cerebro y su contorno cultural, especialmente cuando la contraparte somática tiene un carácter fantasmal e inmaterial.

Estas extensiones fantasmales del cuerpo, ¿son el producto de modificaciones sin causa genética del mapa cerebral o bien son un efecto de la persistencia espectral de una imagen corporal innata y determinada genéticamente? A esta pregunta Ramachandran contesta que seguramente hay una interacción entre ambos factores. Creo que hay que destacar el hecho de que se produce una sustitución sensorial anómala, cuyas peculiaridades ciertamente pueden deberse a modificaciones relativamente contingentes del mapa, pero también a una poderosa tendencia a completar la ausencia y el vacío con los restos de una imagen corporal primigenia.

Podemos comprender que la relación entre el cerebro y el medio externo se parece a la que opera entre el sistema nervioso central y los miembros periféricos del cuerpo. Hay mapas neuronales relativamente estables que codifican las peculiaridades de nuestro ambiente. Aquí nos topamos con un problema planteado por algunos neurólogos y que ya he mencionado. En la concepción de Jean-Pierre Changeux el problema radica en que vivimos en un universo “no etiquetado”, que no nos envía mensajes codificados. Nosotros proyectamos las categorías que creamos, con ayuda del cerebro, a un mundo sin destino ni significación. El universo carece de categorías, salvo, aclara Changeux, aquellas creadas por el hombre. El neurólogo está aquí contestando una afirmación del filósofo Paul Ricoeur, a quien le parece un resabio de dualismo cartesiano seguir pensando la actividad mental en términos de representación. A Changeux le parece que las representaciones se estabilizan en nuestro cerebro,

desde luego no como huellas en la cera, sino indirectamente y después de un proceso de selección que Edelman llama darwiniano.¹ Sin duda el nicho ecológico de un mamífero superior no es un mundo platónico repleto de ideas previas, proposiciones verdaderas y armonías que algunos seres privilegiados –nosotros– podemos decodificar. Pero tampoco es un espacio caótico carente de reglas. Y especialmente el ambiente cultural, como reconoce Changeux, sin duda es un mundo repleto de categorías, etiquetas y símbolos. ¿Cómo logra el cerebro codificar, procesar y cartografiar el hábitat cultural?

Regresemos por un momento a los vínculos entre el sistema nervioso central y la mano (amputada o no). Me surge una pregunta: ¿necesita el cerebro una representación de la mano? ¿El área del córtex donde se descubre una especie de dibujo de la mano de un macaco es una representación? No lo creo. No veo para qué necesitaría el cerebro una especie de fotografía de la mano si dispone de algo mucho mejor: la mano misma. Otra cosa es el complejísimo sistema de retroalimentación sensoriomotora que enlaza la mano con el cerebro, y que seguramente usa ciertos códigos. Lo cierto es que no podemos todavía leer los “jeroglíficos sinápticos”, como los llama Changeux, para entender las operaciones precisas que realiza el cerebro cuando se mueve la mano o cuando se siente dolor en la pierna fantasma que fue amputada años atrás. Pero la neurociencia se está acercando a la explicación, sobre todo en la medida en que ha ido abandonando la idea de que la conciencia de tener y mover una mano, o de mirar una puesta de sol, implica la existencia de un pequeño ego que vive en el cerebro y que contempla las representaciones de los dedos y del dorso de la mano, o la película en colores del hermoso final de una tarde.

El lugar común al que suelen llegar los interesados en la neurología cognitiva es casi inevitable: ¿cómo explicamos nuestra experiencia individual cuando percibimos el color rojo? Se suele suponer que

¹ Jean-Pierre Changeux y Paul Ricoeur, *Ce qui nous fait penser*, pp. 107-109.

la experiencia del rojo es subjetiva y esencialmente privada, un tipo de sensaciones que los filósofos anglosajones llaman “*qualia*”, y que ejemplifica el problema más duro de resolver: ¿cómo unificar la experiencia subjetiva en primera persona de contemplar el rojo, con la descripción en tercera persona de un científico que define la sensación como la activación de ciertas redes neuronales cuando llega a la retina un haz luminoso que tiene determinada longitud de onda? Es decir: ¿qué unifica la mente y el cerebro? Sin duda en el universo no existe la categoría “rojo”. Tampoco existe la categoría “brazo”. Pero estas categorías sí existen en la cultura y en nuestro lenguaje. También aparecen en nuestro mapa cerebral, aunque no es seguro que sean allí representaciones del rojo o del brazo. ¿Para qué necesitamos representaciones si tenemos acceso tanto al miembro como al color, gracias a la mediación de los nervios y de la retina? El hecho de que las sensaciones no procedan de objetos que tienen pegada una tarjeta identificadora (“esto es rojo”, “esto es un brazo”) no quiere decir que esos objetos no existan.

Para Ramachandran el problema radica en que estamos ante dos lenguajes mutuamente ininteligibles, el de los impulsos nerviosos y el de las lenguas que hablamos. Así, yo sólo puedo explicar mi sensación de rojo mediante el habla, pero la “experiencia” misma –dice– se pierde en la traducción.¹ ¿Realmente se pierde? No lo creo. Si se perdiera no existirían la literatura y el arte. El verdadero problema por resolver –un auténtico misterio– no es la imposibilidad de traducir las sensaciones subjetivas expresadas mediante el habla a los códigos neuronales que cruzan nuestro cerebro. Lo que no podemos explicar es el extraño hecho de que *sí* hay comunicación y que por lo tanto la traducción funciona adecuadamente.

Una forma de saltar la barrera de la incomunicación, explica Ramachandran, se ejemplifica con el experimento mental que establece un vínculo entre una persona ciega al color y otra normal. Al no

¹ V. S. Ramachandran y Sandra Blakeslee, *Phantoms in the brain*, p. 231.

poder comunicarle la experiencia del rojo mediante palabras a la persona cuya retina no percibe colores, se procede a conectar un cable nervioso artificial (hecho a partir de cultivos de tejido nervioso) que conecta las áreas cerebrales que procesan el color de una persona a otra. Así, la información sobre el color llega a la persona ciega sin pasar por la retina afectada. Este experimento imaginario, dice Ramachandran, demuele el argumento de que hay una barrera infranqueable en la comunicación de *qualia*.¹ Lo que ocurre en este experimento mental es que la persona normal se transforma en una especie de prótesis viviente usada por la que sufre de acromatopsia retinal. En mi hipótesis lo que funciona como prótesis es la cultura, y especialmente el habla, aunque no realiza un reemplazo sensorial sino una sustitución por medios simbólicos de una comunicación que no puede ocurrir por mecanismos somáticos. Quiero decir que en la cultura hay equivalentes a ese cable artificial que conduce experiencias subjetivas de un cerebro a otro.

En 1928 el pintor surrealista René Magritte hizo un experimento mental que debería interesar a los neurólogos. En su cuadro *La traición de las imágenes* vemos una pipa y debajo la siguiente inscripción: "*Ceci n'est pas une pipe*". Magritte presenta la imagen de un objeto conocido y en la etiqueta declara que "no es una pipa". Hay una contradicción: nuestra retina nos permite reconocer una pipa pero nuestros conocimientos lingüísticos (si sabemos francés) nos revelan lo contrario. Aparentemente estamos ante un problema insoluble de traducción: al mirar el cuadro sentimos con fuerza la presencia de una bella pipa, pero un seco mensaje en otro lenguaje nos advierte que estamos equivocados. Y sin embargo, sí hay una traducción posible. Aunque aparece una incongruencia entre dos regiones diferentes del cerebro (el córtex visual en el lóbulo occipital y las áreas

¹ *Ibid.*, p. 233. Algo que se acerca ligeramente a este experimento se realiza en ciegos de nacimiento mediante un estimulador magnético transcraneano, que logra activar con cierta precisión algunas áreas del tejido cortical.

del habla en el hemisferio izquierdo), cualquier conocedor de la cultura occidental moderna intuye la paradoja irónica: evidentemente no vemos una pipa, sino una *representación* de ella, y a partir de este juego podemos realizar muchas y muy sofisticadas suputaciones conceptuales sobre si el mensaje lingüístico se refiere a la cosa misma o a su imagen. El juego aquí puede servir para recordar que las imágenes llegan codificadas y etiquetadas por la cultura y que incluso las contradicciones pueden contener mensajes que es necesario descifrar. El cuadro de Magritte nos plantea una duda: ¿para qué queremos algo que no es una pipa (es su representación) si podemos tener una de verdad para cargarla de tabaco y fumarla con deleite? ¿Para qué necesitamos el arte si tenemos la vida cotidiana? Porque las representaciones y el arte nos permiten traducir lo que parece intraducible.

Hay que destacar el hecho de que una parte importante, y acaso fundamental, del aparato traductor no se encuentra oculto en el interior del cráneo, sino que funciona ante nuestras mismas narices bajo la forma de un amplio abanico cultural integrado por lenguajes, arte, mitos, memorias artificiales, razonamientos matemáticos, órdenes simbólicos, relatos literarios, música, danza, mecanismos clasificatorios o sistemas de parentesco. Es necesario explorar desde la perspectiva neurobiológica todos estos aspectos para definir allí los mecanismos exocerebrales precisos que puedan ser la clave no sólo de las mediaciones traductoras entre el lenguaje cerebral y el mental, sino además ayudar a explicar el fenómeno de la autoconciencia. El habla es sin duda uno de los aspectos más importantes de lo que denomino el exocerebro, pero es necesario tomar siempre en cuenta el contexto de símbolos plásticos, rituales, creencias, signos mnemotécnicos y sistemas matemáticos a los que me he referido. Sin embargo, quiero proponer antes una reflexión teórica basada en experimentos encaminados a explorar el lenguaje de los simios.

Un cierto número de simios, sean capturados en su medio natural o nacidos en cautividad, va a poblar los laboratorios de los cien-

tíficos interesados en los procesos mentales, las redes neuronales, la biocibernética, el origen del lenguaje o el estudio de diversas patologías. No es difícil comprender que esta población de simios, en mayor o menor medida, se encuentra sometida a un sufrimiento más o menos agudo, aunque sólo sea por el hecho de vivir fuera de su nicho ecológico natural. El mundo en el que viven está repleto de etiquetas referidas a categorías extrañas y se ven obligados a contemplar un universo altamente ordenado y articulado. Algunos de los simios más afortunados fueron a dar al laboratorio de Sue Savage-Rumbaugh en la Universidad de Georgia. Allí los chimpancés no sólo fueron bien tratados, con afecto y comprensión, sino que tuvieron acceso a una peculiar prótesis que les permitió comunicarse con los seres humanos, y que sustituyó la carencia de un aparato vocal adecuado para hablar como nosotros, entre otras cosas debido a que el suyo no permite pronunciar consonantes. La situación de estos simios puede equipararse a la de unos humanos primigenios trasladados a un medio extraño y difícil, con la importante diferencia de que el *Homo sapiens* no encontró allí las prótesis adecuadas sino que tuvo que crearlas. Los chimpancés, en cambio, fueron entrenados para usar tableros electrónicos con teclas marcadas con unos cien símbolos. Al ser apretada, cada tecla se enciende y al mismo tiempo se proyecta el símbolo correspondiente en una pantalla. Es como si nuestros ancestros primitivos se hubiesen encontrado en el bosque un exocerebro colocado allí por algún extraterrestre que, benévolo, les hubiese enseñado a usarlo antes de regresar a su planeta. Los simios en el laboratorio, forzados por el ambiente humano y gracias a una prótesis electrónica, usan recursos cerebrales que acaso no son puestos a funcionar en su medio natural. En otros laboratorios han sido entrenados para usar el lenguaje de signos de los sordomudos. De manera sorprendente, tienen habilidades para comprender y pedir objetos y alimentos mediante el uso de símbolos, y son capaces de combinarlos y de entender que representan acciones o cosas. Pero la gran sorpresa llegó con un joven chimpancé bonobo llamado

Kanzi, que alcanzó a comprender unas 150 palabras después de los primeros 17 meses de enseñanza, acabó construyendo en el tablero electrónico frases con una estructura sintáctica primitiva, pudo adquirir espontáneamente habilidades lingüísticas por medio de la convivencia social con humanos, de la misma manera que lo hacen los niños, y fue capaz de entender oraciones complejas. Sue Savage-Rumbaugh ha escrito un libro memorable donde relata su conmovedora y fascinante búsqueda de habilidades lingüísticas en los chimpancés. Su argumentación es persuasiva al afirmar que los chimpancés tienen la maquinaria neuronal básica para desarrollar un lenguaje primitivo y que el habla humana no es simplemente el efecto de una estructura innata sino el resultado de un sustrato cognitivo plástico que interactúa con un medio social.¹ Está convencida de que la mente humana sólo difiere en grado, pero no cualitativamente, de la de los simios. Sin embargo yo encuentro una diferencia cualitativa: los chimpancés libres en su estado natural no desarrollan el tipo tan complejo de lenguaje que son capaces de crear en cautividad, rodeados de un ambiente humano y con acceso a un sistema simbólico que sustituye sus incapacidades. Me parece que ello ocurre no sólo debido a la ausencia de una cultura adecuada, sino también debido a que no sufren los efectos de una dependencia de ciertos circuitos cerebrales con respecto a las prótesis lingüísticas que les permiten comunicarse. Los chimpancés en cautiverio dependen de los tableros electrónicos en la medida en que el medio humano los obliga a ello. Pero no parece haber una dependencia neuronal. Son capaces de usar un exocerebro lingüístico si se les proporciona, y se adaptan a su uso. Pero no tienen circuitos nerviosos caracterizados por su incompletitud y su dependencia de circuitos exocerebrales.

¹ Sue Savage-Rumbaugh y Roger Lewin, *Kanzi. The ape at the brink of the human mind*, pp. 278-279.

6. EL EXOCEREBRO ATROFIADO

Podemos tomar otro camino para buscar las huellas del exocerebro en el seno del sistema nervioso central. En ciertos padecimientos observamos una acentuada atrofia de la relación entre la mente del individuo y su contorno sociocultural. Se sabe desde hace mucho que las lesiones en la región prefrontal del cerebro provocan comportamientos antisociales y psicopáticos. El célebre caso de Phineas Gage, el obrero cuya cabeza, en un accidente en 1848 en Nueva Inglaterra, fue atravesada por una barra de hierro que le lesionó la parte frontal, inició emblemáticamente los estudios sobre el tema: el señor Gage pasó de ser una persona amable y sensata a mostrar una insoportable irascibilidad y una permanente actitud blasfema, procaz, indisciplinada y agresiva.¹ Desde entonces se ha acumulado mucha información sobre los efectos de las lesiones prefrontales. Pero ahora quiero traer en mi ayuda los estudios sobre personas antisociales que no han sufrido ninguna lesión. Se trata de individuos que han sido diagnosticados por los psiquiatras como afectados por el síndrome de la personalidad antisocial: personas caracterizadas por un continuo comportamiento violento y transgresivo, constante irritabilidad agresiva e irresponsable indiferencia por el daño que ocasionan a otros o a ellas mismas.² Podemos suponer que estos desórdenes im-

¹ Véase un resumen del caso en el libro de Antonio Damasio, *Descartes' error*, capítulo 1.

² Adrian Raine, Todd Lencz, Susan Bihrlé, Lori LaCasse y Patrick Colletti, "Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder".

plican fallas en la comunicación entre circuitos neuronales internos, que se hallan atrofiados, y los circuitos del exocerebro. La interpretación se confirma con los resultados de la investigación: las personas afectadas por el síndrome de la personalidad antisocial, de acuerdo a lo que revelan las imágenes de resonancia magnética estructural, mostraron una reducción significativa de la materia gris prefrontal (pero no de la materia blanca). Un aspecto muy importante de la investigación es que se analizaron también dos grupos más: uno de drogadictos y otro de esquizofrénicos o perturbados por desórdenes afectivos. La reducción de la materia gris no se observó en estos casos, que están formados por individuos afectados también por patologías que generan graves problemas sociales. El grupo de antisociales mostró un 11 por ciento de reducción en la masa de materia gris en relación con un grupo de control normal (14 por ciento respecto de los drogadictos y 14,7 por ciento con respecto al grupo con otras afecciones psiquiátricas). Otros aspectos de la investigación mostraron que el déficit de materia gris prefrontal no podía ser atribuido a factores de riesgo psicosocial (como por ejemplo: clase social baja, divorcio de los padres, peleas familiares, criminalidad en el ambiente familiar, abusos sexuales). En otras palabras: el medio social difícil no les devoró la materia gris faltante.

La perturbación que afecta de manera más espectacular e inquietante la conexión del cerebro con los circuitos socioculturales es el autismo. Es interesante recordar que el texto clásico sobre el autismo, publicado por Leo Kanner en 1943, describe a estos enfermos como “animales asociales prehomínidos”, incapaces de aceptar o comprender cambios en la rutina o en su contorno, sin nociones de la diferencia entre el tú y el yo, que desarrollan buenas relaciones con objetos y malas con las personas, y que sufren de serias incapacidades lingüísticas.¹ Es decir, en mi interpretación, carecen de exocerebro. Aproximadamente el 75 por ciento de los autistas sufre de retraso

¹ Leo Kanner, “Autistic disturbances of affective contact”.

mental. Las evidencias parecen comprobar que esta condición tiene un origen biológico con importantes componentes genéticos.¹ Es importante decir que las discapacidades de los autistas no provienen del retraso mental, puesto que una cuarta parte de los casos no sufre de esta condición. Más allá del bajo nivel de sus capacidades intelectuales, hay un núcleo de problemas que afecta a todos los autistas: carecen de capacidades para entablar relaciones sociales, tienen dificultades de comunicación verbal o no verbal y les es muy difícil o imposible imaginar estados mentales o intenciones de otras personas. Oliver Sacks ha descrito, con la penetración y la ternura que lo caracterizan, la condición autista de una inteligente profesora de la universidad estatal de Colorado, Temple Grandin. Ella misma le describió a Sacks su situación: “Durante gran parte del tiempo me siento como una antropóloga en Marte”.² Se refería a su falta de empatía emocional, su distancia ante las experiencias de los demás y su dificultad para comprender las conductas y las circunstancias. Para sobrevivir, explica, tuvo que acumular en su memoria una especie de biblioteca donde tiene catalogados los comportamientos, las experiencias y las situaciones, de manera que sin sentir empatía alguna es capaz, no obstante, de correlacionar los hechos para entender y predecir las conductas de esa extraña especie de marcianos que son para ella los humanos. Siente que en su mente hay cintas de video o discos de computadora que ella puede mirar, como el proverbial homínulo cartesiano; pero no puede escoger sólo el instante de la película que quiere ver: su memoria tiene que reproducir toda la escena. Sacks explica que en los autistas no faltan los sentimientos de afecto en general, sino aquellos que tienen relación “con experiencias humanas complejas, especialmente las de índole social, y acaso las asociadas a ellas: estéticas, poéticas, simbólicas, etc.”.³ La propia

¹ Simon Baron-Cohen, “The cognitive neuroscience of autism: evolutionary approaches”.

² Oliver Sacks, “An anthropologist on Mars”.

³ *Ibid.*, p. 288.

Temple Grandin cree que tiene hiperdesarrolladas las partes visuales de su cerebro, así como aquellas que le permiten procesar simultáneamente una gran masa de datos. En cambio sufre el subdesarrollo de las funciones verbales y de las áreas de su cerebro relacionadas con el procesamiento de secuencias. También considera que la causa radica en su cerebelo, que tiene una talla menor a la normal, según han mostrado las imágenes de resonancia magnética. El resultado es que, al parecer, los defectos de ciertas partes del cerebro se compensan con el desarrollo extraordinario de otras partes.

Hay evidencias que apuntan a una sintomática correlación inversa: los niños autistas sufren una seria discapacidad en sus intuiciones psicológicas para juzgar a los otros, pero tienen más afinadas las intuiciones físico-mecánicas que los niños normales de la misma edad. Es decir, no entienden la conducta de las personas pero comprenden la causalidad física de los objetos.¹ Odian el contacto personal pero les fascinan las máquinas.

Hay un fenómeno extraño e inquietante que acompaña al autismo: aproximadamente el 10 por ciento de los autistas, los antaño llamados “sabios idiotas”, desarrollan una especie de hipertrofia de la memoria visual o acústica, así como capacidades extraordinarias para copiar, recitar o reproducir imágenes, obras musicales y textos con gran precisión, pero sin entender lo que hacen. Este síndrome ocurre generalmente en individuos con muy bajos niveles de inteligencia y afecta mucho más al sexo masculino que al femenino. Estudios recientes han mostrado que estos autistas sabios han desarrollado enormemente algunas funciones basadas en el hemisferio cerebral derecho, como son las actividades motoras, visuales y no simbólicas. Pareciera una especie de compensación por las disfunciones del lado izquierdo, donde se basan las funciones ligadas a las secuencias lógicas y al simbolismo lingüístico. El resultado es que estos sabios

¹ Simon Baron-Cohen, “The cognitive neuroscience of autism: evolutionary approaches”, p. 1253.

autistas tienen habilidades casi increíbles en música, arte, matemáticas, cálculo y mecánica, pero sufren serias incapacidades en el habla y el lenguaje.¹ Las investigaciones sugieren que alguna clase de daño en el hemisferio izquierdo ocasiona una anormal activación del lado derecho, así como una hipertrofia de los circuitos ligados a las formas primitivas de la memoria, que carecen de contenido semántico o cognitivo.

En el autista está dañada o no existe la conexión con el sistema simbólico de sustitución, de manera que en ciertos casos –al no poderse usar los circuitos culturales– se produce una expansión de la memoria mecánica que algunos asocian a los circuitos corticales estriados (a diferencia de los circuitos corticales límbicos vinculados a la memoria semántica).² En esta especie de australopitécidos vivos los circuitos neuronales correspondientes al lenguaje estarían cerrados y completos, y por ello no buscarían conexiones con prótesis externas. En cierta forma, es como una terrible amputación, no de un miembro del cuerpo, sino de los canales que conectan con el exocerebro. Entonces el mundo social y cultural es suplantado, en el caso de los sabios autistas, por una memoria que parece un pozo sin fondo y por insólitas habilidades visuales, auditivas y motoras. Suplantado o sustituido por un exocerebro fantasma con el que se pueden hacer cálculos complejos en pocos segundos, dibujar paisajes con extrema precisión, cronometrar con exactitud el tiempo sin ayuda de reloj. En la hipótesis de Ramachandran, ha ocurrido una reorganización del mapa cerebral.³ Quiero mencionar un ejemplo, que ha sido debatido intensamente, del uso de una prótesis para conectar a una persona autista con su contorno social. En 1991 una

¹ Darold A. Treffert y Gregory L. Wallace, “Island of genius”. Véase también el libro del primero, *Extraordinary people: understanding savant syndrome*.

² Larry R. Squire y Barbara J. Knowlton, “The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory systems of the brain”.

³ V. S. Ramachandran y Sandra Blakeslee, *Phantoms in the brain*, p. 196.

joven autista de California que casi no podía comunicarse verbalmente, Sue Rubin, fue impulsada a usar un tablero con teclas alfabéticas para expresarse, como los chimpancés de laboratorio a los que ya me he referido. Al parecer el uso de esta técnica –llamada “comunicación facilitada”– permitió a la autista salir de su aislamiento.¹ De ser considerada retardada mental (un IQ de 24) pasó, gracias al tablero, a ser una excelente alumna en el bachillerato, a estudiar historia en un colegio y a vivir en forma semi independiente a los 26 años. A esta edad sigue sin poder comunicarse mediante el habla pero ha escrito el guión de un filme documental sobre su vida, dirigido por Gerardine Wurzburg (*Autism is a world*, 2004, nominado a un Oscar). ¿Es posible que el tablero electrónico sustituya las deficientes funciones de circuitos neuronales que debieran comunicarla con el exocerebro? Es una idea sugerente, pero todavía hay mucho por explorar en los casos de autismo tratados mediante comunicación facilitada.

El hecho de que la malformación o reorganización de circuitos cerebrales esté vinculada a síntomas más o menos agudos de disfuncionalidad sociocultural en los individuos afectados nos enfrenta al viejo problema de las correlaciones entre el cerebro y la conciencia, entre el cuerpo y la mente. Me parece interesante discutir aquí brevemente tres propuestas que ofrecen una solución al famoso problema. En primer lugar quiero citar la propuesta del psicólogo Nicholas Humphrey.² Su propuesta se encuentra en las antípodas

¹ Una descripción crítica de esta técnica puede encontrarse en Marcia Datlow Smith y Ronald G. Belcher, “Facilitated communication and autism. Separating fact from fiction”, en www.csaac.org/pub-fac.htm. Muchos investigadores creen que los “facilitadores” son los que inducen las respuestas de los autistas que usan tableros. El caso de Sue Rubin, sin embargo, le ha parecido auténtico a la doctora Margaret Bauman, especialista en autismo de la Harvard Medical School.

² Nicholas Humphrey, “How to solve the mind-body problem”, que aparece en un número monográfico del *Journal of Consciousness Studies* centrado en el ensayo de Humphrey y con los comentarios de diez especialistas.

de mi interpretación: para él la mente es en realidad un conjunto de circuitos cerrados y de bucles internos alojados en el cerebro. Supone un modelo evolutivo según el cual en un organismo animal, que cambia de hábitos, de medio y que por ello se vuelve más independiente, las respuestas originales a las señales sensoriales dejan de ser útiles y de tener efectos reales. Las señales que conducen las respuestas sensoriales entran en un cortocircuito antes de alcanzar la superficie del cuerpo. En lugar de alcanzar el estímulo sensorial, llegan a puntos cada vez más cercanos al nervio que da entrada a las señales sensoriales, hasta llegar a un momento en que todo el proceso se cierra ante el mundo exterior en un bucle interno dentro del cerebro. Aunque pareciera una explicación del fenómeno autista, según Humphrey éste es el origen de la mente: un proceso interiorizado con un alto grado de interacción recursiva, un flujo de señales autosuficiente que se autoconstruye, que a pesar de responder a un estímulo externo se ha convertido en un circuito de señales referidas a sí mismas. La mente, al igual que la conciencia, ha acabado siendo una especie de invaginación de respuestas inútiles. Sin embargo, como ha afirmado con agudeza Stevan Harnad, la solución de Humphrey ha consistido simplemente en bautizar como “mentales” los bucles y los circuitos cerrados en el cerebro.¹ Para despejar la ecuación mente = cerebro lo que ha hecho es sencillamente declarar que la mente es una actividad cerebral y que el contenido de la conciencia está constituido por sensaciones corporales. Como explica Humphrey, el fantasma de la sensación subjetiva de dolor puede reducirse a la actividad propia de un estado de auto-resonancia.

El fenómeno autista nos enfrenta a la necesidad de determinar si existen vínculos causales entre los circuitos cerebrales internos y las redes culturales y sociales externas. Es evidente que la disfunción de ciertos sistemas neuronales lesiona la comunicación con el mundo

¹ Stevan Harnad, “Correlation vs. causality. How/why the mind-body problem is hard?”.

exterior, lo cual causa efectos dramáticos en el comportamiento de un autista. Pero algo similar ocurre en un esquizofrénico o un melancólico. Lo peculiar del autismo consiste en que hay una substancial interrupción de los circuitos exocerebrales, y nos podemos entonces preguntar si, a su vez, estas redes externas pueden causar efectos en los sistemas neuronales. Aparentemente, las redes exocerebrales son una pieza necesaria de ciertos circuitos neuronales, a tal punto que si son amputadas, los tejidos internos construyen un sistema fantasmal sustitutivo. De la tesis de Humphrey se deriva que, en realidad, no sólo la hipertrofia sustitutiva del autista sino también la conciencia son una sensación fantasmal relacionada con estados cerebrales internos. Yo creo, en contraste, que la conciencia normal está emplazada en redes que conectan los circuitos neuronales con los circuitos exocerebrales.

Otro psicólogo ha tomado un camino muy diferente para explicar cómo las experiencias conscientes afectan al cerebro. Para Max Velmans la mente y el cerebro son ontológicamente complementarios y mutuamente irreductibles. Su peculiar combinación de monismo ontológico y dualismo epistemológico lo lleva a afirmar simplemente que cada individuo tiene una sola vida mental pero dos maneras de conocerla: el conocimiento “subjetivo” en primera persona y el conocimiento “científico” en tercera persona. De esta forma Velmans puede aceptar que las experiencias conscientes son causas efectivas de estados cerebrales, sin que por ello se viole el principio científico según el cual el mundo físico está cerrado causalmente, y por lo tanto no existe ningún espíritu o sustancia metafísica que lo pueda influir.¹ Es decir, que lo que sentimos y pensamos conscientemente no es un mero epifenómeno carente de poderes causales, sino que tiene efectos en lo que realmente hacemos. Según Velmans tenemos que vivir con la paradoja de entender la explicación que hace una tercera persona de la cadena de efectos que un estímulo externo

¹ Max Velmans, “How could conscious experiences affect brains?”.

doloroso produce en el sistema nervioso central (la *res cogitans* cartesiana) y al mismo tiempo aceptar la presencia de una sensación subjetiva de dolor, una categoría que sólo existe en primera persona y que no tiene existencia objetiva en el mundo físico exterior (la *res extensa*). Y sin embargo estas dos perspectivas irreconciliables se refieren a una misma situación, a una misma sensación y una misma información. La solución de Velmans consiste en decir que ambas perspectivas son correctas. Con toda razón se ha dicho que la solución de Velmans al problema de la relación entre el cerebro y la conciencia es puramente verbal.¹ La idea de Velmans renuncia al estudio de las conexiones causales que puede haber entre la mente y el cerebro. Simplemente nos remite a la posibilidad, explorada ya por investigadores como Crick y Koch, de hallar correlaciones entre conciencia y cerebro, como el caso ya citado de los disparos sincronizados de neuronas a una frecuencia de 40 hertz.

Quiero ahora citar una tercera reflexión, la de un neurobiólogo que ha hecho importantes contribuciones al estudio del cerebro y ha desarrollado una sugerente y compleja teoría sobre la selección de grupos neuronales.² Consciente de que le era necesario abordar el problema de la conciencia como instancia causal, ha presentado una hipótesis sobre lo que llama el “transformador fenoménico”. Para Edelman un núcleo dinámico de interacciones neuronales, basado en el sistema talámico-cortical, convierte las señales procedentes del mundo exterior y del propio cerebro en una conciencia subjetiva capaz de realizar distinciones cualitativas basadas en habilidades semánticas. Este transformador fenoménico no es causado por la acción del proceso neuronal nuclear, sino que es una propiedad de dicha actividad, un proceso que acompaña y refleja los estados neuronales subyacentes en que se basa la conciencia.³ Para Edelman la con-

¹ Jeffrey Gray, “It’s time to move from philosophy to science”.

² Gerald M. Edelman, *Bright air, brilliant fire*.

³ Gerald M. Edelman, *Wider than the sky: the phenomenal gift of consciousness*, p. 78.

ciencia es un epifenómeno que carece de poder causal, pero que refleja la capacidad causal del núcleo neuronal dinámico. La referencia clásica es la famosa afirmación de T. H. Huxley, quien sostenía que la conciencia es un producto colateral del funcionamiento del cuerpo, que no tiene poder alguno para modificar dicho funcionamiento, de la misma forma en que el silbato de vapor que acompaña los movimientos de una locomotora no tiene ninguna influencia en su maquinaria. Es por ello por lo que, concluía Huxley, los humanos somos autómatas conscientes. Edelman no concuerda con la idea de que los hombres son autómatas, pues su darwinismo neuronal y su explicación de los procesos de selección le impiden considerar al cuerpo humano como una máquina. Sin embargo, el transformador fenoménico es ciertamente como el silbato de la locomotora o como, para usar las imágenes de William James, la melodía que emana de las cuerdas del arpa, que no frena ni acelera su vibración, o como la sombra que corre al lado del caminante sin influir en sus pasos.¹

Edelman es consciente de que la vinculación que propone entre el transformador fenoménico y su sustrato neuronal debe ser probada mediante la experimentación. Pero está seguro de que, dada la estrecha relación entre ambas instancias, podemos hablar como si la conciencia pudiera ser la causa de modificaciones de los circuitos cerebrales, aun sabiendo que no es así. Por ello, para explicar la experiencia real que permite definir cualidades como la tibieza de lo tibio o la rojura del rojo, basta verlas como propiedades de un fenotipo y explicar la base de dichas distinciones. No parece que podamos llegar muy lejos con la ayuda de esta interpretación. Al igual que

¹ Véase la cita de Huxley en los comentarios que hace William James en el capítulo 3 de sus *Principios de psicología*. En realidad, el silbato o la melodía sí pueden tener un poder causal. Si los consideramos como señales que se transforman en símbolos en un sistema cultural determinado, veremos que la ausencia de un silbatazo puede ocasionar que la locomotora choque con automóviles en un cruce y se detenga y la falta de un flujo melódico adecuado puede ocasionar el despido del arpista y el silencio del arpa. El epifenómeno deja de serlo cuando se integra a un circuito simbólico capaz de influir en el desenvolvimiento y en la configuración de los procesos cerebrales.

Humphrey y Velmans, Edelman esquivo el asunto al que nos han enfrentado el autismo y los comportamientos antisociales: los fenómenos culturales y sociales que cualifican y dan sentido a gran parte de las sensaciones y percepciones que llegan al cerebro. No podemos sustraernos al problema de la influencia del mundo sociocultural en los procesos cerebrales por más que decretemos que la conciencia es un epifenómeno, que en realidad es un proceso nervioso o que es la pareja incómoda de una dualidad irreductible. Debido a una obsesión casi mística por la clausura causal del mundo físico han quedado fuera del claustro las redes culturales y sociales en las que vivimos.

Es evidente que las estructuras culturales y sociales son un fenómeno material, pero su reducción al nivel de los procesos físicos es completamente inútil y genera una pérdida brutal de la riqueza informativa que nos permite comprender las redes socioculturales. La degradación analítica de estas redes a su nivel físico significa perder de vista lo esencial: su estructura. Si menciono este tema es simplemente para señalar que la conexión de los circuitos cerebrales con los procesos socioculturales no es una operación que viola la clausura causal del mundo físico exigida por los científicos. No se trata de inventar un metacerebro sino de investigar las peculiaridades de un exocerebro.

Una consecuencia importante de una investigación de esta naturaleza radica en la necesidad de comprender que la cultura no puede ser reducida al conjunto de “habilidades” socio-cognitivas que permiten a los humanos manejar sistemas simbólicos, identificarse con otras personas, predecir su comportamiento, aprender y practicar una conducta caracterizada por actos sociales. Aunque la cultura se basa en ciertas habilidades, las estructuras simbólicas e institucionales no son la suma de las capacidades cognoscitivas del cerebro. Es insuficiente la idea, muy extendida, de que “todas las instituciones culturales humanas –como lo ha expresado Tomasello– reposan sobre la habilidad socio-cognitiva biológicamente heredada de

todos los individuos de crear y usar convenciones sociales y símbolos".¹ El problema es que esta afirmación resulta banal si no se comprende que entre las habilidades cognitivas y las instituciones culturales hay complejos sistemas sociales y simbólicos que están dotados de una lógica propia, de reglas de desarrollo y estructuras que no pueden reducirse a las habilidades individuales. El hecho es que en los fenómenos culturales y sociales hay circuitos que se encuentran fuera del cerebro y que no pueden explicarse por los procesos nerviosos centrales, por la capacidad de las memorias neuronales, por módulos cognitivos innatos y por las habilidades cerebrales en el uso de lo que los psicólogos llaman una "teoría de la mente" para reconocer las intenciones de otros. A pesar de que el cerebro aloja más de 30 mil millones de neuronas y que éstas forman una red de unos mil millones de millones de conexiones sinápticas, las estructuras culturales y sociales no caben en él: no hay manera de que el cerebro pueda absorber y contener en su interior más que una pequeña parte de los circuitos socioculturales. El cerebro, para referirme al célebre poema de Emily Dickinson, es más vasto que el cielo, más profundo que el mar y pesa tanto como Dios; pero la cultura humana lo desborda con creces.²

¹ Michael Tomasello, *The cultural origins of human cognition*, p. 216.

² The Brain—is wider than the Sky—
For—put them side by side—
The one the other will contain
With ease—and You—beside—

The Brain is deeper than the sea—
For—hold them—Blue to Blue—
The one the other will absorb—
As Sponges—Buckets—do—

The Brain is just the weight of God—
For—Heft them—Pound for Pound—
And they will differ—if they do—
As Syllable from Sound—

(Poema 632)

7. EL SISTEMA SIMBÓLICO DE SUSTITUCIÓN

No pretendo que las vastas estructuras sociales y culturales sean un exocerebro gigantesco, una colosal prótesis compuesta por un sin fin de circuitos simbólicos. Una definición tan laxa pierde carácter explicativo y nos lanza al abismo de los lugares comunes o las obviedades. Sin embargo, hay que reconocer que la inmensa vastedad de la cultura no parece contener todos los secretos de su estructura y evolución. A cada paso los estudios de antropólogos, historiadores, lingüistas, sociólogos y psicólogos han revelado la necesidad de acudir a explicaciones metasociales para completar la interpretación de los fenómenos culturales. No me refiero solamente a la búsqueda de caminos religiosos y metafísicos. Más significativas son las tendencias a buscar respuestas en los espacios de las mentalidades sociales, los inconscientes colectivos, los arquetipos, la selección natural, los genes o la estructura del cerebro. Me parece que estas inquietudes responden a un problema real y difícil de resolver. En las estructuras socioculturales parece haber una incompletitud similar a la que me parece ver en ciertos circuitos neuronales, y que es especialmente notoria en los mitos, el lenguaje simbólico, la imaginería visual o las relaciones de parentesco. Pero la búsqueda de "causas" u "orígenes" extraculturales se ha topado con múltiples dificultades para generar un modelo de explicación capaz de unificar las estructuras biológicas y las culturales. Pareciera que estamos ante mundos tan irreductibles como pueden serlo los misterios teológicos y las realidades seculares. Acaso sea más creativo dejar de buscar una causali-

dad metacultural o extrasocial para enfrentarnos al problema de descifrar una trama de interacciones que tiene su propia dinámica: la red que une el cerebro con el exocerebro. Para apoyar estas búsquedas y reflexiones me serviré de las ideas que han elaborado algunos neurólogos, biólogos y psicólogos que han explorado el mundo de la cultura.

Los circuitos exocerebrales constituyen un sistema simbólico de sustitución. Esto quiere decir que sustituyen ciertas funciones cerebrales mediante operaciones de carácter simbólico, con lo cual se amplían las potencialidades de los circuitos neuronales. Un ejemplo sencillo es el uso de memorias artificiales, una de cuyas formas más primitivas puede ser la simple acumulación y clasificación de objetos que simbolizan determinadas situaciones, personas, localizaciones, relaciones, pactos, acciones, intenciones o rituales, que pueden ser recordadas en momentos y contextos no directamente relacionados con lo que se quiere memorizar. Una colección codificada de objetos naturales y artificiales requiere, desde luego, de la capacidad de darle nombre a cada uno. El habla basada en voces que simbolizan acciones, objetos y personas va ligada a la capacidad de producir imágenes visuales de tipo simbólico, que quedan plasmadas en pinturas, estatuillas, grabados, esculturas y figuras de diverso tipo. Para completar este paisaje mínimo de recursos exocerebrales, podemos agregar la capacidad de intercambiar signos y símbolos visuales y verbales, lo que impulsa las formas mitológicas de imaginación y permite identificar unidades y sistemas de parentesco. Me atrevería a sumar el uso de la música (canto y percusiones) para tejer vínculos, embrionariamente rituales, entre las situaciones simbolizadas y estados emocionales. Así, los primeros hombres anatómicamente modernos de hace unos 250 mil años contaban con un reducido paquete exocerebral formado por unos pocos componentes: habla, sistemas de parentesco, imaginaria visual, música, danza, mitología, ritual y memoria artificial. Por supuesto, este paquete exocerebral se apoyaba en las habilidades para producir y usar instru-

mentos líticos primitivos (y sin duda herramientas fabricadas con materiales perecederos como la madera, que no han sobrevivido).

Ciertamente, podemos encontrar ejemplos en especies animales no humanas de procesos de comunicación, codificación y memorización. Sin embargo, lo peculiar del exocerebro humano es que sustituye funciones que otros animales realizan mediante procesos no simbólicos. Los animales intercambian signos, que en algunos casos son movimientos de una acción no ejecutada plenamente o interrumpida, y pueden analizar y memorizar la información que procede de su entorno. Pero casi no encontramos muestras de una actividad simbólica. El neurólogo Elkhonen Goldberg, en sus reflexiones sobre la relación de los lóbulos frontales con la mente civilizada, dice que la historia de la civilización se ha caracterizado por un desplazamiento cognitivo desde el hemisferio cerebral derecho al izquierdo, debido a la acumulación de "plantillas cognitivas" que se almacenan externamente gracias a recursos culturales, y que son internalizadas por los individuos durante el aprendizaje, como si fueran módulos prefabricados.¹ Estas plantillas cognitivas prefabricadas que se acumulan extrasomáticamente son en cierta forma lo que yo describo como un sistema simbólico de sustitución, aunque prefiero una definición más restringida y operativa. Estas plantillas permiten la extraordinaria capacidad de almacenar y transmitir conocimientos colectivos durante muchas generaciones. Pero hay que dar un paso más, para ponderar la posibilidad de que algunas de estas plantillas formen parte de un circuito que une ciertas funciones cerebrales con los sistemas simbólicos, un circuito sin el cual la red cognitiva no puede operar. Goldberg se inclina a pensar que las rutinas cognitivas se hallan más ligadas al hemisferio cerebral izquierdo, que sería el responsable de una relación con las plantillas culturales prefabricadas. En contraste, el hemisferio derecho se vincularía con

¹ Elkhonen Goldberg, *The executive brain. Frontal lobes and the civilized mind*, cap. 5.

la novedad cognitiva. El problema que se plantea es si existe un mecanismo biológico que regule el equilibrio entre el “conservadurismo” y la “innovación”. La hipótesis de Goldberg es que la lateralidad manual propia de los humanos (sólo el 10 por ciento de la gente es zurda) podría ser el mecanismo que controla el delicado equilibrio entre tradición e innovación. La represión cultural en sociedades tradicionales contra los zurdos reforzaría, según esta especulación, las tendencias conservadoras. Goldberg va aún más allá en sus especulaciones: “¿es posible –se pregunta– que el desarrollo moral implique a la corteza frontal, igual que el desarrollo visual implica a la corteza occipital y el desarrollo del lenguaje implica a la corteza temporal?”¹ Parte de una suposición previa: que el flujo principal de la implicación va de la corteza cerebral hacia la moral, la visión o el lenguaje. Por eso se pregunta si la corteza frontal contiene la taxonomía de todas las acciones morales y de los comportamientos sancionables. Habría que invertir la pregunta si queremos avanzar: ¿es posible que el desarrollo de la corteza necesite de la taxonomía moral contenida en la cultura? La agnosia moral que podría sobrevenir por un daño en la corteza prefrontal no provendría del hecho de que los casilleros morales del cerebro estarían arruinados, sino de que –como en el síndrome de la personalidad antisocial– estarían averiados los circuitos que comunican con el exocerebro, el lugar donde se guardan las taxonomías complejas que no pueden almacenarse en el sistema nervioso central. Las hipótesis especulativas de Goldberg serían aún más estimulantes si pensásemos en flujos bidireccionales entre la corteza cerebral y los circuitos cognitivos externos.

Cuando Goldberg aborda el tema de la autoconciencia se pregunta si la corteza prefrontal es capaz de diferenciar el yo del no-yo, de integrar la información sobre el medio interno del organismo con los datos que proceden del mundo exterior. Aunque Goldberg considera

¹ *Ibid.*, cap. 9.

que esta corteza es la única parte del cerebro dotada de los mecanismos neuronales capaces de integrar las dos fuentes de información, se apoya en la hipótesis del psicólogo Julian Jaynes para suponer que la autoconciencia emergió en épocas tardías de la historia, acaso apenas dos mil años antes de la era cristiana. Según Jaynes, antes del advenimiento de la autoconciencia funcionó un cerebro doble, diferente al que tenemos hoy. En el cerebro de los seres humanos de hoy las funciones propias del habla se encuentran localizadas en el hemisferio izquierdo: la corteza motora suplementaria en el lóbulo frontal, el área de Broca en la parte inferior del mismo lóbulo y el área de Wernicke en la parte de atrás del lóbulo temporal. Antes del advenimiento de la autoconciencia, propone Jaynes, el área del lóbulo temporal derecho correspondiente al área de Wernicke estaba activa y organizaba las experiencias alucinatorias que permitían a las personas escuchar las voces de los dioses. Esta peculiar mente “bicameral” impidió durante milenios el desarrollo de la autoconciencia, al ser incapaces los individuos de distinguir el yo del no-yo. Jaynes cree encontrar en la historia temprana de la humanidad huellas de la incapacidad de distinguir la representación interna de otras personas de la presencia de individuos reales, así como de la imposibilidad de definir como alucinaciones internas del yo las voces que emanan del hemisferio derecho y que se toman como expresiones mágicas y religiosas de las divinidades.

Para Jaynes la *Iliada* del siglo VIII a.C. representa una época bicameral en la que los humanos carecían de conciencia subjetiva: sin alma ni voluntad, eran autómatas nobles manipulados por los dioses. La mente estaba dividida en una parte ejecutiva y otra parte dominada: la primera era la voz alucinada de la divinidad que impulsaba desde el hemisferio derecho las acciones humanas; la segunda era el hombre que con el hemisferio izquierdo aceptaba las órdenes. Ninguna de estas partes del cerebro era consciente. La argumentación de Jaynes no es convincente, ya que reduce las manifestaciones culturales a una estrecha y lineal interpretación psicológica. Muchas

de las manifestaciones culturales que considera como típicas de la mentalidad bicameral son, desde mi punto de vista, características del exocerebro: las creencias míticas, la música, los oráculos, las alucinaciones religiosas, los estados de posesión, las fantasmagorías rituales y otras formas similares de religiosidad primitiva o antigua. Lo que Jaynes pasa por alto es el carácter profundamente simbólico de estos fenómenos culturales, tan empapados de procesos metafóricos, alegóricos y analógicos como el habla, que Jaynes considera como un proceso separado (propio del hemisferio izquierdo) ligado a la autoconciencia. La tesis de la mente bicameral pareciera indicar que la evolución biológica del cerebro continuó hasta tiempos muy recientes y que incluso hoy en día podríamos encontrar individuos con características cerebrales arcaicas y bicamerales. O bien, como dice Goldberg, hay que aceptar que la evolución biológica de los lóbulos frontales no es suficiente para la gestación de la autoconciencia, y que es necesaria la función cultural para ello.¹ Creo que esta última es la alternativa adecuada, no solamente debido a la inmensa capacidad acumulativa de los procesos culturales, sino también porque como circuitos simbólicos completan las funciones cerebrales que estimulan el desarrollo de la autoconciencia. Me parece que las conclusiones sobre el predominio de un cerebro dividido y de una mente bicameral, basadas en el estudio de la *Iliada* y de las antiguas culturas micénica, mesopotámica, egipcia, maya e inca, son una operación psicológica forzada para probar la tesis de que el surgimiento de la autoconciencia es un fenómeno reciente en la historia humana. Supone algo que no está probado: un control total de la cultura desde los centros cerebrales de mando. Las estructuras sociales y culturales aparecen como meros instrumentos de la actividad cerebral, carentes de autonomía y meros reflejos de las capacidades de las redes neuronales.

¹ *Ibid.*, cap. 7. Véase Julian Jaynes, *The origins of consciousness in the breakdown of the bicameral mind*.

La idea de que la evolución biológica, basada en la selección natural, es insuficiente para explicar el surgimiento de la conciencia no es nueva. Hay que mencionar ante todo al gran naturalista y antropólogo Alfred Russell Wallace, quien junto con Darwin descubrió los principios de la evolución por selección natural. Aunque estos dos científicos mantenían opiniones muy cercanas, discreparon precisamente sobre el tema del surgimiento de un cerebro capaz de generar en los humanos una conciencia compleja y avanzada. Wallace no creía, como Darwin, que los procesos de selección natural pudiesen explicar el surgimiento de las expresiones sofisticadas de la conciencia propias de un cerebro biológicamente moderno. Para que este proceso surgiese fue necesario, según Wallace, la aparición de nuevas causas ligadas a los procesos culturales. Wallace partió de un razonamiento estrictamente científico al aceptar que, una vez que el lenguaje y la cultura intervenían, la evolución humana adquiriría formas lamarckianas al aparecer la herencia de caracteres adquiridos por medios extrasomáticos. Es cierto que Wallace le agregó a su teoría algunos tintes espiritualistas para explicar el misterioso surgimiento de las asombrosas capacidades que llevaron a los hombres a desarrollar las facultades matemáticas, artísticas y musicales propias de las más avanzadas civilizaciones. Creyó que sólo la intervención de potencias espirituales invisibles podía impulsar las maravillosas capacidades de los hombres: el “progreso del mundo inorgánico de la materia y el movimiento hasta llegar al hombre –escribió–, apunta claramente a la existencia de un universo invisible, un mundo espiritual, al cual está subordinado globalmente el mundo de la materia”.¹ Sin embargo, como ha señalado Loren Eiseley, la formulación original de las ideas que reconocen el papel fundamental de la cultura no tuvo nada que ver con las creencias religiosas de Wallace.² Ramachandran recupera el aspecto esencial de la idea de

¹ Alfred Russell Wallace, “Darwinism applied to men”, capítulo 15 de su libro *Darwinism* publicado en Londres en 1889, p. 476.

² Loren Eiseley, *Darwin's century. Evolution and the men who discovered it*, p. 296.

Wallace: el descubrimiento de que hay una simbiosis entre el cerebro y la cultura. Ambos son tan interdependientes, afirma Ramachandran, como la célula nucleada y sus mitocondrias o el cangrejo ermitaño desnudo y su concha.¹ Otro neurólogo, Llinás, en su muy estimulante libro sobre la conciencia, nos recuerda esa hipótesis evolucionista según la cual los vertebrados pueden ser vistos como crustáceos vueltos al revés, con el esqueleto adentro y la carne afuera. Dice que esto no sucede con el cerebro, que parece un cangrejo cubierto por el exoesqueleto.² Pero ha ocurrido algo similar a lo que les sucede a los cangrejos ermitaños que, para proteger su desnudez como Diógenes, buscan un exoesqueleto artificial en la concha vacía de algún caracol. De manera análoga la carne cerebral de los humanos ha buscado fuera del endeble cráneo que la oculta un exocerebro artificial, expuesto a la intemperie, que le proporciona una sólida estructura simbólica en que apoyarse.

He presentado este vaivén entre las discusiones evolucionistas dimitonónicas y las concepciones más modernas de los neurólogos para señalar con fuerza la importancia de estudiar los nexos entre el cerebro y la cultura. Ahora quiero pasar a discutir una propuesta concreta que intenta explicar estas conexiones. El zoólogo Richard Dawkins ha presentado un argumento análogo al de Wallace: para comprender la evolución del hombre moderno debemos desechar al gen como la única base para endender dicha evolución. La transmisión cultural no se explica por los procesos genéticos de selección. Según Dawkins existen unidades de transmisión cultural, análogas a los genes, que son capaces de propagarse saltando de un cerebro a otro, mediante un mecanismo de imitación que produce réplicas. Estas unidades capaces de replicarse fueron bautizadas como memes. Así, se propone la existencia de una unidad de información (el mem) y de un mecanismo que produce su transmisión (la imitación). El

¹ V. S. Ramachandran y Sandra Blakeslee, *Phantoms in the brain*, p. 190.

² Rodolfo R. Llinás, *I of the vortex. From neurons to self*, p. 4.

mem no es una metáfora sino una estructura peculiar del sistema nervioso de todos los individuos. La imitación opera debido a que el mem tiene la capacidad de supervivencia que resulta de que produce gran atracción psicológica en los cerebros. A la manera de Wallace (a quien no cita), Dawkins sostiene que, en el momento en que aparecen las condiciones para que un nuevo replicador pueda hacer copias de sí mismo, se inicia un tipo de evolución diferente que ya no depende de los viejos mecanismos de selección genética responsables de haber creado los cerebros, los cuales son algo así como la fértil sopa primordial en la que nacieron los primeros memes.¹

El más grave problema al que se enfrenta esta teoría es su total incapacidad para definir al mem como la más pequeña unidad capaz de replicarse en forma fidedigna y creativa.² Esta unidad mimética puede ser lo mismo el *Quijote*, el Dios cristiano, una tonada pegajosa, el cálculo infinitesimal, una moda de zapatos, la costumbre de secuestrar aviones, el mito del hombre salvaje, una técnica para fabricar ladrillos, la rueda o la idea de evolución. Cualquier idea o cosa que logre sobrevivir es un mem. De esta manera se elimina todo poder explicativo a este concepto, que acaba siendo una simple banalidad referida a los procesos de imitación y transmisión cultural. En realidad esta teoría no busca explicar las razones por las que ciertas ideas o prácticas sobreviven, investigando su utilidad, sus ventajas, su ubicación en un conjunto u otras causas, puesto que se ha invertido la búsqueda: la supervivencia de un mem no se explica por su función sino por el hecho de que su copia beneficia a la misma unidad replicante.³ Por ello la llamada memética no ha producido ni un solo análisis de la cultura que valga la pena.⁴

Podemos preguntarnos si, a pesar de todo, la hipótesis de los memes puede explicar algunas funciones cerebrales. Hay propuestas que su-

¹ Richard Dawkins, *The selfish gene*, pp. 191-194.

² Daniel C. Dennett, *Consciousness explained*, p. 201.

³ Susan Blackmore, *The meme machine*, p. 27.

⁴ Adam Kuper, "If memes are the answer, what is the question?"

ponen, a partir de las ideas de Dawkins, una base neuronal para los memes: la imitación y el aprendizaje producirían un efecto de “calentamiento” en grupos de neuronas que, por ello, tendrían una mayor susceptibilidad a disparar y serían la base de las señales que expresan fenotípicamente al mem.¹ El antropólogo Paul Aunger ha propuesto algo similar: un pequeño conjunto neuronal (unas cien neuronas) produciría una copia de seguridad de la información que alberga. El conjunto compartiría un estado de prontitud de las sinapsis a disparar conjuntamente: este estado de “alerta” del grupo de neuronas capaz de crear copias sería un mem. Las series de descargas eléctricas de estos conjuntos forman unos paquetes (los llama “triones”) que son capaces de moverse por el cerebro, influir en eventos mentales y dirigir el comportamiento del organismo. Estos triones pueden escapar del cerebro al inducir a sus huéspedes a traducirlos a nuevos códigos, mediante gestos y palabras, y así despararmarse por el medio ambiente externo.² Aunger define de este modo al neuromem: “Una configuración en un nudo de la red neuronal capaz de inducir la réplica de su estado en otros nudos”.³ El problema con estas hipótesis radica en que buscan el sustrato neuronal de una unidad mínima de transmisión cultural que no ha logrado ser definida más que de una manera muy vaga. Además, no hay nada que pruebe que el conjunto neuronal que produce descargas sincronizadas sea más el soporte del mem que un correlato de la conciencia o la representación de una imagen.

El filósofo Daniel Dennett ha retomado con entusiasmo la teoría de los memes y con sus exuberantes reflexiones sin duda ha estimulado la búsqueda de los procesos culturales ligados a la conciencia. Cuando especula sobre los mecanismos que impulsan la evolución cultural y la transmisión de sus productos señala la importancia que

¹ Juan Delius, “The nature of culture”.

² Robert Aunger, “Culture vultures”.

³ Robert Aunger, *The electric meme. A new theory of how we think*.

debió de tener para nuestros ancestros primitivos la plasticidad cerebral en la instalación de un programa que regula los hábitos de compartir las adquisiciones. Supone que a los primeros homínidos, dotados ya de un lenguaje rudimentario, les faltarían las conexiones entre áreas cerebrales que permitirían la operación de programas de transmisión cultural. En estas circunstancias los individuos habrían practicado sistemas de autoestimulación de las conexiones ausentes mediante el procedimiento de hablar en voz alta, de manera que la información que se vocaliza se transmite del sector cerebral emisor a otra área del sistema nervioso que la recibe por vía auditiva. Ello ocurre como si hubiera una transmisión radiofónica que generase un cableado virtual externo entre dos regiones cerebrales internamente incomunicadas. Dennett supone que esta autoestimulación auditiva debió de propiciar nuevas conexiones neuronales internas. Así se construyeron los caminos de entrada y salida para los vehículos del lenguaje, los cuales fueron rápidamente contaminados de esos parásitos que son los memes.¹ Me parece más interesante plantear la hipótesis opuesta: las áreas cerebrales *no* son estimuladas a construir canales internos de comunicación, puesto que los circuitos externos funcionan con mayor eficacia y son capaces de crecer y ramificarse muy rápidamente. Acaso Dennett no contempla esta posibilidad debido a la obsesión muy extendida por encontrar todas las respuestas al problema de la conciencia *dentro* del sistema nervioso central.

Yo creo que los circuitos externos que comunican las zonas del habla con las del oído, a las que podemos sumar las conexiones exteriores de las regiones motoras que controlan la mano que dibuja, graba o pinta con los centros visuales, forman redes colectivas que

¹ Daniel C. Dennett, *Consciousness explained*, pp. 193-194, 197 y 200. En una obra posterior, *Sweet dreams*, Dennett parece haber olvidado las redes culturales, para encerrarse en la fatigosa discusión filosófica con quienes tercamente insisten en suponer que la conciencia es un misterio más allá del alcance de la investigación científica.

comparten los miembros de la comunidad humana. Estas peculiares conexiones autoestimuladoras se manifiestan en la rica actividad simbólica, cargada además de emotividad, de la música, la danza ritual, la creación artística, la comunicación verbal, la memoria acumulada por medio de símbolos o mitos y el intercambio de información y apoyos en el seno de grupos familiares extensos y bien estructurados. Este núcleo exocerebral sin duda incluye capacidades miméticas e imitativas, pero su compleja red simbólica pierde sentido si se la reduce a la acción de una maquinaria memética que supuestamente funciona de una manera similar a una máquina genética.

8. ESPEJOS NEURONALES

Algunos neurólogos no sólo han querido desvelar el misterio de la conciencia sino que además han intentado descubrir los secretos del genio. La respuesta a los enigmas de la conciencia debía estar encerrada en la cabeza de los más brillantes personajes de la historia. Ello se tradujo en una extrema curiosidad de algunos científicos (y de no pocos charlatanes) por realizar estudios directos de los cerebros de los genios. Rebanadas del cerebro de Albert Einstein fueron repartidas a diversos científicos por el patólogo que realizó su autopsia y que guardó en un frasco el órgano pensante del gran físico durante cuarenta años, hasta que al final de su vida decidió entregar lo que quedaba a la nieta del genio, para lo cual atravesó los Estados Unidos en auto con los despojos mortales. La neuróloga Marian Diamond, de la Universidad de California, examinó algunas rebanadas y sólo pudo comprobar que en el área de asociación (área 39 del hemisferio izquierdo) del cerebro de Einstein había una gran concentración de células gliales, más que en otras secciones.¹ Por lo demás, ni ella ni otros pudieron encontrar el secreto del genio. Desde luego hubo otros casos previos de grandes pensadores cuyos cerebros fueron a dar al laboratorio de los científicos, como los matemáticos Carl Friedrich Gauss y Sonja Kowaleski. Otro cerebro famoso, el de Lenin, fue objeto de la minuciosa investigación de Oskar Vogt, un

¹ M. C. Diamond, et al., "On the brain of a scientist: Albert Einstein". Véase también Michael Paterniti, *Driving Mr. Albert: A trip across America with Einstein's brain*.

importante neurólogo alemán contratado por el gobierno soviético para descubrir la naturaleza única y extraordinaria del encéfalo del gran dirigente de la Revolución de Octubre. Vogt, en su laboratorio de Berlín, había desarrollado técnicas refinadas para cortar el cerebro en secciones seriadas para su estudio. Este médico estaba orientado por la idea de buscar relaciones entre los procesos mentales y lo que llamaba la “arquitectónica” del cerebro. Fue en el laboratorio de Vogt donde Korbinian Brodmann hizo sus estudios de citoarquitectura de la corteza cerebral de los mamíferos, que culminaron en la célebre monografía que estableció en 1909 las 52 áreas corticales. Vogt se dedicó durante dos años y medio (entre 1925 y 1927), en su laboratorio de Moscú, a rebanar el cerebro entero de Lenin en decenas de miles de secciones, que fueron meticulosamente montadas y coloreadas para su estudio. Vogt observó que las neuronas piramidales de la tercera capa en diversas áreas del córtex leninista eran especialmente numerosas y grandes. Concluyó que seguramente el gran revolucionario había nacido con estas grandes células nerviosas y que su tamaño no era (como acaso podríamos sospechar) una compensación provocada por los daños cerebrales sufridos a consecuencia de la enfermedad.¹ Al parecer los científicos de la época que conocieron el reporte de Vogt, publicado en 1929, se mostraron un tanto perplejos.

Por supuesto, los neurocientíficos preferirían introducir sus instrumentos en el cerebro vivo de los humanos, si fuese posible hacerlo sin que la intrusión produjese daños. Pero la intromisión sólo ocurre en las pocas ocasiones en que es indispensable una intervención quirúrgica. Así que los neurólogos, que acaso han soñado con escudriñar directamente los tejidos cerebrales de los genios, han tenido que contentarse con abrir la cabeza de seres mucho menos inteligentes. Pero lo que allí han encontrado es mucho más interesante y

¹ Marina Bentivoglio, “Cortical structure and mental skills: Oskar Vogt and the legacy on Lenin’s brain”.

revelador que lo que se halló en los cerebros muertos de Einstein y Lenin. Uno de los hechos más importantes ocurridos durante la llamada década del cerebro fue el descubrimiento de las neuronas espejo en los lóbulos frontales de los monos, realizado por Giacomo Rizzolatti y sus colaboradores en 1996.¹ Este descubrimiento abre nuevas perspectivas científicas para comprender la evolución del cerebro humano, el surgimiento del lenguaje y los mecanismos de la conciencia. El hallazgo es aparentemente muy sencillo: las neuronas espejo son unas células visuales y motoras originalmente detectadas en la corteza ventral premotora de los monos (área F5) que tienen la particularidad de que se activan tanto cuando el animal realiza una acción (como agarrar un objeto) como cuando observa a otro individuo (incluyendo humanos) realizar una acción similar. El sistema de las neuronas espejo es posiblemente la base neuronal de las formas sociales de reconocimiento y de entendimiento de las acciones de otros individuos. Hay que destacar que el área F5 del mono es homóloga del área de Broca en los humanos. Los monos reconocen las acciones realizadas por otros debido a que el patrón de activación neuronal que se produce en las áreas prefrontales es similar al que se genera internamente para producir esas mismas acciones. Esto implica la existencia de una especie de “semántica” inscrita en las neuronas motoras, que son capaces de “representar” una acción. Como puede verse, se trata de un circuito especular que reconoce actos del entorno social mediante neuronas cuya acción motora es inhibida para que no se desencadene la acción que el individuo está contemplando. Pero son las mismas neuronas que, dado el caso, ponen en movimiento al cuerpo para que realice la acción observada (como jalar, empujar o agarrar objetos). Hay que agregar otros datos: estas neuronas espejo no se activan (o lo hacen en forma mínima) si la acción de la mano sólo imita el movimiento de

¹ Giacomo Rizzolatti, L. Fadiga, L. Fogassi y V. Gallese, “Premotor cortex and the recognition of the motor actions”.

tomar un objeto sin que éste exista. Tampoco se activan si el objeto es empujado con un instrumento y no con la mano. Es importante advertir que, aunque pareciera tratarse de un circuito neuronal que propicia la imitación, el hecho es que hasta donde se sabe los monos carecen de habilidades miméticas.

Se han encontrado sólidos indicios de que en el hemisferio izquierdo de los humanos funciona también un sistema de neuronas espejo. Un estudio registró en los músculos implicados en una acción observada un aumento del potencial producido por impulsos motores.¹ Otros estudios indicaron la existencia de un sistema especular de reconocimiento: la observación del acto de tomar un objeto activó el surco temporal superior, el lóbulo parietal inferior (área 40) y el *gyrus* frontal inferior (área 45 o de Broca).² En el cerebro de los monos también el sistema de neuronas espejo implica una conexión triangular formada por el surco temporal superior (por donde posiblemente entran las señales visuales), el área PF en la zona inferior del lóbulo parietal y el área F5 de la parte ventral de la corteza premotora.³ Estas dos últimas áreas son homólogas de las áreas de Broca y de la 40 en el cerebro humano.

La hipótesis que ha surgido plantea que el sistema de neuronas espejo que se observa en los monos, donde las funciones motoras no sólo controlan la acción sino que también la representan, puede ser el origen de un sistema humano de representación especializado en procesar información social.⁴ Es decir, que un sistema encapsulado

¹ Luciano Fadiga et al., "Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study".

² Giacomo Rizzolatti y Michael A. Arbib, "Language within our grasp".

³ Leonardo Fogassi y Vittorio Gallese, "The neural correlates of action understanding in non-human primates".

⁴ La función social de las neuronas espejo parece confirmarse en un estudio realizado por Ramachandran y sus colegas. Observaron que en humanos hay una supresión de las ondas mu del electroencefalograma, tanto cuando un individuo normal mueve su mano como cuando observa a otro moverla. Pero en autistas el bloqueo de

y rígido capaz de controlar con eficacia la relación del organismo con su medio ambiente se habría transformado en un sistema abierto y flexible capaz de manejar información simbólica procedente de un contorno multicultural rico y cambiante. Rizzolatti y Arbib creen que hubo una evolución progresiva del sistema de neuronas espejo, que habría producido un surgimiento del área de Broca a partir de un área precursora similar al área F5 de los monos, que ya tenía propiedades espejeantes. Así, habrían surgido capacidades miméticas, un sistema de signos manuales y gestos faciales y, por último, un sistema simbólico de vocalización. Gradualmente y por selección natural, habría primero surgido una capacidad mimética, después se habría gestado una estructura de señales manuales y de gesticulaciones codificadas para, por último, abrir paso al sistema de vocalización simbólica que es el habla. El lenguaje humano habría evolucionado a partir de un mecanismo básico que originalmente no estaba vinculado a la comunicación, sino a la capacidad de reconocer acciones.

La hipótesis parece muy razonable. Las modificaciones de los circuitos compuestos por neuronas espejo habrían permitido conectar ahora no sólo con las acciones fijas y estereotipadas de los movimientos de las manos de otros individuos, sino con un sistema cultural y social flexible y creativo de comunicación compuesto de señales, signos y sonidos codificados. Las ventajas de unos primates dotados de estas habilidades son evidentes, y pueden haber sido un factor determinante en el proceso de selección natural que abrió paso a la evolución de los hombres anatómicamente y cerebralmente modernos.

¿Qué desencadenó los cambios en el sistema primitivo de neuronas espejo? ¿Qué propició los nuevos usos de esta estructura neuronal? Si nos detenemos a considerar las interpretaciones de quienes

las ondas mu ocurre cuando mueven voluntariamente la mano pero no cuando otro la mueve. Esto parece indicar que los autistas sufren anomalías en su sistema de neuronas espejo. V. S. Ramachandran, *A brief tour of human consciousness*, p. 119, n. 6.

han descubierto las neuronas espejo, podremos vislumbrar algunas respuestas. Un elemento esencial es el hecho de que el registro de un acto va acompañado de una serie de mecanismos que impiden al observador desencadenar un comportamiento mimético que reproduzca la acción que se contempla. Hay procesos de inhibición en la médula espinal que bloquean selectivamente a las neuronas motoras que podrían copiar la acción que se observa. Sin embargo, en ocasiones se comprueba que el sistema motor permite un “breve prefijo” de la acción que es contemplada. El otro individuo que está realizando la acción supuestamente reconocería este prefijo y vería una intención tras el fugaz movimiento truncado. El observador a su vez se daría cuenta de que su reacción involuntaria afecta al actor. Aquí tendría que intervenir una capacidad del observador para controlar su sistema de neuronas espejo con el objeto de emitir voluntariamente una señal. Este diálogo embrionario sería, según Rizzolatti y Arbib, el núcleo del lenguaje. Sin embargo, este desarrollo parece contradecir las peculiaridades mismas de las neuronas espejo, tal como se observan en los monos: estas células nerviosas no se activan si no está presente el objeto de la acción. ¿Por qué comenzarían a hacerlo, en ausencia del objeto mismo? Sería necesario suponer una mutación que permitiese un control voluntario del mecanismo de inhibición y la consiguiente habilidad para ejecutar signos manuales. Es una hipótesis que nos lleva a suponer un flujo continuo de mutaciones que irían conduciendo paulatinamente a los primeros humanos del signo manual al gesto y de éste a las vocalizaciones fonémicas.

Si consideramos mi hipótesis sobre el exocerebro acaso alcancemos una explicación un poco diferente. Habría que partir del supuesto contrario: la inhibición y la dificultad de copiar el movimiento de los demás serían una condición, ya mencionada más arriba, que se aunaría a la serie de obstáculos crecientes para reconocer el entorno. Se ha dicho con razón que el sistema de neuronas espejo de los humanos funciona de manera diferente al de los monos. En estos

últimos el sistema no es una base del entendimiento o del habla, y ni siquiera de la imitación intencional. En los humanos en cambio el sistema no está encapsulado, no es únicamente un circuito cerebral localizado, sino que forma parte de la estructura flexible que permite el habla.¹ En algún momento debió de ocurrir en los primeros humanos un cambio significativo del sistema neuronal que ocasionó una gran multiplicación de neuronas espejo, abrió el sistema y lo conectó a áreas cerebrales relacionadas con la articulación vocal y el procesamiento de señales. A modo de imagen metafórica, supongamos un ser humano que descubre un potencial nuevo: ante un acto de otro individuo puede pronunciar sílabas asociadas al movimiento que ve. Aquí tendríamos un ejemplo del típico sistema de sustitución sensorial. Las dificultades inherentes al sistema encapsulado de neuronas espejo se superarían mediante un circuito que sustituiría la entrada de información sensorial por la capacidad de aceptar y procesar información simbólica. Los especialistas que buscan mecanismos para ayudar a las personas ciegas afirman que hasta ahora el sistema de sustitución sensorial más exitoso es el Braille. Sugieren que la lectura de signos escritos puede considerarse el primer sistema de sustitución sensorial.² A mi parecer, y siguiendo en la misma lógica, en realidad el primer sistema de sustitución sensorial fue el habla, aunque en este caso —a diferencia de la escritura— habría un sustrato neuronal condicionado genéticamente. Las voces silábicas que representan actos y objetos sustituyen artificialmente las funciones sensoriales de reconocimiento e interpretación que no operan con eficacia más que dentro de ciertos límites. Si la acción o el objeto no son visibles o tienen una apariencia nueva que disfraza su naturaleza, el sistema sensorial es incapaz de interpretar la situación. Pero la

¹ Maxim I. Stamenov, “Some features that make mirror neurons and human language faculty unique”.

² Paul Bach-y-Rita y Stephen W. Kercel, “Sensory substitution and the human-machine interface”.

voz articulada de otro individuo puede señalar simbólicamente la existencia del acto o del objeto que por cualquier motivo los sentidos no pueden reconocer (se ha extinguido u ocultado, por ejemplo). La base de esta nueva capacidad es, como ha señalado Rizzolatti, el hecho de que la precursora del área de Broca estaba dotada, antes del surgimiento del lenguaje, de un mecanismo para reconocer las acciones realizadas por otros.

Estos descubrimientos ponen en duda la teoría chomskiana de una gramática universal que emanaría de un órgano mental único surgido misteriosamente en algún momento del proceso evolutivo. El habla no tiene como base un módulo específico sino que habría evolucionado a partir de diferentes estructuras neuronales que originalmente no estaban relacionadas con mecanismos de comunicación. La idea de que existe un dispositivo neuronal para el habla, genéticamente determinado, se apoya en una interpretación formalista del lenguaje que hace gran hincapié en las estructuras sintácticas en detrimento de las funciones semánticas, metafóricas y simbólicas. Se parte del postulado de que existe una gramática universal inscrita en el cerebro que, al conectar con el ambiente social, se dispara y genera en los niños el desarrollo de diversas lenguas, todas ellas construidas a partir del mismo modelo sintáctico. Muchos neurocientíficos encuentran esta idea tan estéril como la vieja interpretación cartesiana.¹

Conviene no caer en la tentación de ver los circuitos neurológicos relacionados con el habla como la sede de programas independientes del mundo exterior, capaces de aplicar reglas sintácticas abstractas y formales a información preñada de un alto contenido simbólico, semántico y sentimental procedente del entorno social y cultural. En realidad se trata de circuitos continuos que conectan el mundo interior con el universo exterior. Por supuesto estos circuitos existen en todos los animales que establecen una red de relaciones con el nicho ecológico que habitan. Por ejemplo, el acto de caminar no im-

¹ Gerald M. Edelman, *Bright air, brilliant fire*, pp. 241ss.

plica la operación de un circuito de tipo cibernético de entrada y salida de información, inscrito en un proceso de reconocimiento de datos externos que revelan que el suelo es relativamente plano y que la interacción con él implica la ley de la gravedad, con lo cual se pueden dar instrucciones de salida que gobiernan el movimiento de las piernas y de otros mecanismos fisiológicos, como podría hacerlo un robot programado para desplazarse por la superficie de Marte. El hecho es que los circuitos neuronales y motrices operan bajo el supuesto (inconsciente) de que existe la gravedad y que el piso es hasta cierto punto plano. Se trata de la operación de circuitos que interactúan en forma continua con un entorno que ha sido interiorizado. Los actos conscientes de la comunicación simbólica requieren de un *suelo* social relativamente estable y de una *gravedad* cultural regida por códigos. Los circuitos de la comunicación consciente e intencional se encuentran tanto en el interior del cerebro como en la intemperie sociocultural que rodea a los humanos. A diferencia de las realidades físicas del entorno, el suelo y la gravedad del hábitat sociocultural tienen un carácter artificial, y son mucho más elásticos e inestables que las rígidas leyes que determinan la estructura del contorno natural. Y es en esta artificialidad donde podremos hallar muchas de las claves de la conciencia y del lenguaje humanos.

Surge en este punto una duda: ¿el cerebro ha interiorizado las propiedades del mundo externo? Es lo que cree el neurofisiólogo Rodolfo Llinás, quien considera que el cerebro es un sistema autorreferencial cerrado, modulado por los sentidos. Esta idea rechaza la explicación del acto de caminar como una sucesión de reflejos en un sistema central de entradas y salidas de información. Ya a comienzos del siglo XX Thomas Graham Brown habría demostrado que el movimiento organizado se genera intrínsecamente sin necesidad de recepciones sensoriales, y que la interacción refleja se necesita sólo para modular la marcha.¹ En 1911 Graham Brown de-

¹ Rodolfo R. Llinás, *I of the vortex: from neurons to self*, p. 6.

estró que la médula espinal aislada puede generar impulsos rítmicos alternados en las neuronas motoras de las patas traseras de un gato, aun en ausencia de recepción de sensaciones. Hoy se piensa que existen redes neuronales (generadores centrales de pautas) capaces de generar comportamiento rítmico sin retroalimentación sensorial.¹ Llinás expande esta propuesta a la actividad cerebral, en la que habría un a priori neurológico surgido de un proceso de interiorización del contorno exterior, plasmado en un cableado neuronal activo. Si trasladamos esta propuesta al problema de la conciencia, deberemos suponer que –además de las propiedades del mundo físico– el cerebro humano ha interiorizado las estructuras de lo que he llamado suelo social y gravedad cultural. Pero así no es posible suponer que sólo existe una alternativa, la que pone la propuesta de la interiorización a la concepción reflexológica en la que el aprendizaje y la cognición de los elementos sociales culturales serían un proceso de entradas de información y respuestas procesadas, un sistema de ingestión de datos y excreción de órdenes que vincularía al cerebro con su entorno. Hay por lo menos otra interpretación: la que propone que el cerebro es un sistema abierto a los estímulos culturales externos de los cuales depende parcialmente para su funcionamiento. Esta situación ocurre debido a que los espacios neuronales son incapaces de representar, absorber e interiorizar las propiedades cambiantes de la cultura y de la estructura social. Sólo a parte de estas propiedades forma parte de los circuitos neuronales. Esto no quiere decir que el cerebro es una máquina de aprendizaje que a lo largo de la vida va imprimiendo información en la tabla de la mente. La forma en que la evolución del cerebro logró adaptarse a los flujos culturales cambiantes (y a ciertos cambios del medio) fue la configuración de circuitos externos estrechamente co-

Thomas Graham Brown, "The intrinsic factors in the act of progression in the normal". Las redes que pueden generar una pauta rítmica de actividad motora en ausencia de información sensorial de los receptores periféricos son denominadas CPG (*central pattern generators*).

nectados a la estructura neuronal interna. Se trata de la gestación del exocerebro.

La propuesta de un cerebro autorreferencial cerrado, que contendría como un a priori las propiedades del mundo externo, elimina la posibilidad (y la necesidad) de un exocerebro para explicar el misterio del ego o de la conciencia. Las experiencias y las sensaciones subjetivas (las *qualia*) serían, lo mismo que el lenguaje, estados cerebrales internos generados intrínsecamente. La propuesta de Llinás es reveladora de los formidables problemas a los que se enfrenta la descripción de la arquitectura cerebral subyacente a las *qualia*, y nos conecta con las interpretaciones ya discutidas de Gerald Edelman, Nicholas Humphrey y Max Velmans (en el § 7) y con el experimento imaginario de Ramachandran comentado en el § 6. Para que las sensaciones subjetivas sean un fenómeno encerrado en el cerebro es necesario demostrar que los umbrales que separan las percepciones (de color, peso, tono, etc.) son fijados por procesos internos. Hay una ecuación diferencial, conocida como la ley Weber-Fechner y definida en el siglo XIX, que parece determinar los umbrales de la percepción de cambios en la intensidad del estímulo: mientras que las percepciones subjetivas aumentan aritméticamente, las magnitudes objetivas del estímulo físico correspondiente crecen geométricamente. Por ejemplo, para notar (con los ojos vendados) un incremento mínimo en el peso de un kilogramo que tenemos en la mano bastan algunos gramos. Pero esos mismos gramos no son percibidos si sostenemos diez kilos: para percibir un cambio es necesario añadir un peso mucho mayor. Para medir los efectos subjetivos de los estímulos se puede usar una ecuación sencilla que incluye el logaritmo natural, un factor constante que se determina experimentalmente, y la relación entre el umbral por debajo del cual no se percibe nada y la sensación apreciada provocada por el estímulo.¹ Esta ecuación permite

¹ Percepción = $k \cdot \ln (Ex./Eo)$, donde k es el factor constante, \ln el logaritmo natural, Ex es la sensación provocada por un estímulo y Eo es el umbral por debajo del cual no se aprecia ningún estímulo.

determinar, para una serie aritmética de umbrales subjetivos, una sucesión geométrica de sensaciones físicas, y funciona no solamente en la percepción de peso, sino también en escalas de decibelios, gradaciones de brillo, series tonales de siete notas y otras escalas de percepción. Rodolfo Llinás sostiene que podemos medir *todas las qualia* o sensaciones subjetivas con esta ecuación y, en consecuencia, obtener una progresión matemática que divide la experiencia en umbrales percibidos subjetivamente.¹ Piensa que es aplicable a la escala musical de siete notas lo mismo que, coincidencia reveladora, a la banda de siete colores del arco iris. Detengámonos en esto último: ¿realmente hay siete colores en el arco iris? Eso dicen algunos diccionarios, pero en realidad los umbrales que separan los colores son convenciones culturales que varían enormemente. Aun restringiéndonos al espectro solar, y dotados de ojos occidentales, los códigos para definir las diferencias cromáticas serán variables, especialmente en los tramos del extremo azulado: ¿qué color hay entre el azul y el violeta? Se observará además una dificultad de localizar en el arco iris los tonos púrpúreos que mezclan los extremos opuestos. Hay que agregar el hecho de que el espectro solar omite los colores acromáticos (el blanco y el negro), que tienen una enorme y compleja carga simbólica y que son, por cierto, los únicos que se encuentran en la conocida lista de rasgos “universales” elaborada por el antropólogo Donald E. Brown.² En dicha lista tampoco aparece la noción de color (en muchas lenguas, como en chino, no existe una palabra para designar la categoría general de color).³ Hay lenguas que solamente cuentan con dos términos básicos para expresar colores (el negro y el blanco), y otras tienen más de diez adjetivos básicos para señalarlos. Ello no quiere decir que los hablantes de lenguas que tienen pocas palabras para los colores sufran de acromatopsia o de atraso. En

¹ Rodolfo R. Llinás, *I of the vortex*, p. 215.

² Donald E. Brown, *Human universals*.

³ Dominique Zahan, “L’homme et la couleur”, p. 139.

realidad los colores para los que no hay adjetivos pueden ser señalados mediante el uso de sustantivos o verbos modificados por morfemas funcionales determinantes. No es fácil medir las respuestas a los colores en diversas culturas. Habrá una obvia imposición si, para medirlas, se usan estímulos cromáticos abstractos y artificiales divididos en segmentos arbitrarios e impresos en materiales ajenos a la cultura que se estudia. O bien se pueden usar estímulos a partir de elementos tomados de su contorno habitual, pero aquí indirectamente habrá una distorsión provocada por la mirada externa que selecciona y organiza la muestra. A pesar de estas dificultades, los investigadores han llegado a descubrir una gran variedad de codificaciones lingüísticas para los colores, que recurren a asociaciones muy variadas: el vínculo del color con sentimientos o emociones, la referencia a la manera en que se representa la cosa dotada de color, las huellas que deja, las peculiaridades del objeto coloreado, su relación con otro y mil formas más. En este tupido bosque de símbolos y estructuras gramaticales no es posible guiarnos mediante ecuaciones sobre la relación entre los estímulos y las sensaciones: los umbrales que separan unas cualidades cromáticas de otras no están inscritas en la lógica matemática de circuitos neuronales cerrados. La mayor parte de las secuencias de eventos discretos percibidos subjetivamente por medio de las sensaciones no puede determinarse en función del crecimiento logarítmico del estímulo, como en el caso de la sensación de peso o de brillo, sino por su relación con redes simbólicas y cadenas sintagmáticas. Sin éstas no podremos comprender por qué la luna es verde en algunos grupos étnicos africanos lo mismo que en el universo poético del romancero gitano de Federico García Lorca.

9. LA CONCIENCIA AL ALCANCE
DE LA MANO

Se ha creído que si despojamos al cerebro de los artificios subjetivos y de los suplementos culturales podríamos tener a la conciencia, por decirlo así, al alcance de nuestra mano. La conciencia estaría dentro de nuestro cráneo, anidada en las redes cerebrales, en espera de poder expresarse. Hubo un caso espectacular, en el siglo XIX, de una persona que creció hasta los siete años con dos canales esenciales de comunicación con el mundo cortados. La niña Helen Keller, nacida en 1880 en Alabama, había quedado a los 19 meses de edad totalmente ciega y sorda. A partir de los siete años inició un proceso de enseñanza que parece milagroso y que la llevó a un dominio extraordinario de la lengua y la cultura de su tiempo. En un libro tierno e inteligente describe lo que ella llama “el mundo en que vivo”. El gran psicólogo William James, después de leer el libro, le escribió a Helen Keller que estaba “muy desconcertado, profesionalmente hablando, por su testimonio de sí misma antes de que su «conciencia» fuese despertada por la instrucción”, y que no podía explicar el hecho de que ella careciese de una memoria emocional de la etapa previa a su iniciación en el sistema manual de signos alfabéticos.¹ La propia Keller había escrito que antes de la llegada de Anne Sullivan, la maestra que le enseñó a comunicarse, vivía “en un mundo que era un no-mundo” y que no tiene la esperanza de poder describir ade-

¹ Cartas de diciembre de 1908 citadas por Roger Shattuck en “A world of words”, introducción al libro de Helen Keller, *The world I live in* [1908], p. xxviii.

cuadramente “ese tiempo inconsciente, aunque consciente, en la nada”.¹ Parecía que esta brillante mujer tenía casi al alcance de su mano la memoria de su niñez, cuando estaba desprovista casi totalmente de herramientas culturales que pudiesen marcar con huellas artificiales la conciencia en “estado de naturaleza”. En un libro anterior, su fascinante autobiografía, Keller señala que, antes de aprender un lenguaje, sabía de alguna forma que era diferente de la otra gente, pues mientras ella usaba apenas una docena de señales rudimentarias para expresar sus deseos, el resto movía los labios. Afirma que en esa época “crecía el deseo de expresarme a mí misma”.² Pero ¿quién era ella misma? Muchos años más tarde, en un libro publicado en 1955, dedicó un capítulo a corregir sus ambigüedades. Allí prácticamente deja de hablar de ella misma en primera persona y afirma que antes del lenguaje ella era una “no-persona” y se refiere a este ser con el nombre de Fantasma. Sin embargo tiene algunos recuerdos de ese ser fantasmal, e incluso llega a escribir paradójicamente que hay en su memoria imágenes del lugar donde su maestra le comenzó a enseñar a usar signos alfabéticos manuales: “Yo soy consciente de un Fantasma perdido en lo que parecía ser su nuevo contorno”.³ La pequeña Helen tenía ciertos rasgos autistas que sin duda provenían de la ausencia de lazos sociales importantes. Su maestra, por ejemplo, cuenta que “rehusaba ser acariciada y no había forma de lograr su afecto, su simpatía o su pueril aprobación amorosa”.⁴

Al leer las inquietantes páginas en las que Helen Keller describe su condición prelingüística sentimos que su conciencia, cuando creíamos estar a punto de contemplarla en su estado primigenio, se nos

¹ “That unconscious, yet conscious time of nothingness”, Helen Keller, *The world I live in*, p. 72

² Helen Keller, *The story of my life* [1903], p. 22.

³ Helen Keller, *Teacher* [1955], capítulo 2, reproducido en *The story of my life*, p. 397.

⁴ “Anne Sullivan’s letters and reports”, carta del 11 de marzo de 1887, en *The story of my life*, p. 143.

escurre entre los dedos de la mano como un fluido fantasmal inasible. Pero pronto comprendemos que estamos leyendo el testimonio de una mujer que utilizó sus manos –en sustitución de los sentidos que le faltaban– para construir su propia conciencia. La fascinante experiencia de Keller consiste en que ella transitó por un solo canal (el tacto) y a una velocidad vertiginosa el trayecto que a los niños normales les toma más tiempo mediante el uso de todos sus sentidos. Por ello resulta atractivo su relato del instante en que, en el famoso pasaje del pozo, comprende por primera vez la relación entre los símbolos y las cosas. El agua que era bombeada del pozo no se escapó entre los dedos de Helen: en ese momento mítico ella comprendió que la combinación de signos que su maestra le deletreaba en una mano simbolizaba el líquido fresco que se derramaba sobre la otra. Allí atrapó con sus dedos para siempre el fluido que la conectaba con el mundo. Esa noche, por primera vez, le dio un beso a su maestra. La historia de Helen Keller hace más evidente el hecho de que la conciencia se construye como una prótesis que gira en torno del eje del lenguaje. Esta prótesis, que sustituyó al oído y la vista, fue primero el viejo sistema alfabético de signos manuales que originalmente habían inventado los monjes trapenses para comunicarse a pesar del voto de silencio, y que fue adaptado después para educar a los sordomudos. El sistema ya había sido aplicado con cierto éxito en Boston a otra mujer, Laura Bridgman, que había quedado ciega y sorda desde muy pequeña, y que Charles Dickens hizo famosa en un memorable relato de su visita a Estados Unidos en 1842. Después el alfabeto braille amplió enormemente el mundo consciente de Keller y le permitió convertirse en una notable escritora.

La experiencia de Helen Keller es un ejemplo, lleno de ricos y vivaces matices, de la hipótesis con que inicié mis reflexiones. He descrito a un imaginario cerebro en “estado de naturaleza” enfrentado a problemas que sobrepasan su capacidad. Un cerebro como éste se encuentra sometido a un considerable sufrimiento, como el de la niña Keller que se enfurecía y lloraba cuando se enfrentaba a contrarie-

dades. Un cerebro en estas condiciones, abandonado a sus fuerzas internas, se apaga. Es lo que le ocurrió a otra niña, Genie, que se presentó con su madre en 1970 en una oficina de trabajo social en Los Ángeles. La niña tenía trece años y su padre la había mantenido encerrada todo el tiempo, desde la edad de 20 meses, en una habitación, atada con camisetas de fuerza, aislada de la familia, a la que había prohibido dirigirle la palabra, castigada a golpes si hacía ruido. Genie no era ciega ni sorda, pero no había podido mantener ninguna relación social con su entorno. Al salir de su encierro no podía entender más de una docena de palabras, prácticamente no hablaba, era incapaz de masticar alimentos, pesaba apenas 27 kg, medía 137 cm, no podía fijar su mirada más allá de 3 metros y medio, era incontinente y, al parecer, no podía siquiera llorar.¹ Durante algunos años Genie fue atendida y observada por varios psiquiatras, psicólogos y lingüistas. Fue trasladada del hospital a un hogar donde recibió cuidados maternos, y comenzó a aprender algunas palabras, aunque al cabo de cinco años llegó a un límite en sus habilidades verbales que no logró sobrepasar. Aunque no alcanzó un dominio de la sintaxis (apenas podía construir algunas frases con verbos y sustantivos), desarrolló una aguda inteligencia visual y ciertas capacidades matemáticas. Pero, después de cinco años, era incapaz de dominar el sistema pronominal. Usaba indistintamente el “yo” y el “tú”, e intercambiaba arbitrariamente diversos pronombres.² Su capacidad de entender las normas sociales era muy escasa; por ejemplo, cosa que incomodaba enormemente a todos, Genie se masturbaba con frecuencia en público. Debido a sus limitaciones mentales y a la inestabilidad provocada por cambios frecuentes de su hogar adoptivo, con el paso de los años esta muchacha fue cayendo en un silencio taciturno. Acabó siendo trasladada a una institución para adultos inválidos en el sur de California, donde vive sumida en la depresión, alejada del mundo. Su motor cerebral, incapaz de superar los retos, se apagó.

¹ Véase el libro de Russ Rymer, *Genie: an abused child's flight from silence*.

² Susan Curtiss, *Genie: a psycholinguistic story of a modern "wild child"*.

¿Por qué Genie no alcanzó un desarrollo como el de Helen Keller? La explicación más aceptada alude al hecho de que el periodo crítico para aprender una lengua se cierra en la pubertad. Por ello Genie ya no fue capaz de construir los nexos exocerebrales necesarios para desarrollar capacidades sintácticas y semánticas avanzadas. Pruebas neurológicas mostraron que el escaso uso del lenguaje en Genie se apoyaba en el hemisferio cerebral derecho y que amplias áreas del lado izquierdo parecían estar apagadas.¹ Tal vez los neandertales fueron como ella: seres inteligentes pero carentes de circuitos neuronales dependientes del contorno sociocultural capaces de estimular conexiones exocerebrales. El caso de Genie pareciera mostrar que no hay estructuras gramaticales innatas impresas en algún módulo cerebral, y que la sintaxis, lo mismo que los significados, se construyen en una red que conecta circuitos neuronales con redes culturales.² Esto no quiere decir que el cerebro es una tabla rasa. Los circuitos que necesitan conectarse con el ambiente exterior tienen sin duda características genéticamente determinadas y sistemas estables de señales.

Veamos ahora, en ejemplos muy diferentes, la forma en que el uso de prótesis culturales ayuda a soportar situaciones patológicas dramáticas. Es el caso de enfermos parkinsonianos y postencefalíticos que usan, para circular sin quedarse como “congelados” en el camino, lo que A. R. Luria llamó “algoritmos de comportamiento” y que Oliver Sacks define como prótesis para la conducta: sustitutos artificiales basados en el cálculo.³ Los enfermos calculan trayectorias en el espacio que les permiten lanzarse por las habitaciones como si fue-

¹ Justin Leiber, “Nature's experiments, society's closures”.

² Por supuesto hay lingüistas que no aceptan que el lenguaje de Genie fuese agramatical y sintácticamente defectuoso e inconsistente, pues este hecho atenta contra los postulados chomskianos. Véase al respecto a Peter E. Jones, “Contradictions and unanswered questions in the Genie case: a fresh look at the linguistic evidence”.

³ Alexandr Románovich Luria, *The man with a shattered world: the history of a brain wound*, último capítulo. Oliver Sacks, *Awakenings*, p. 229n.

ran bolas de billar, que al rebotar en las paredes llegan al lugar deseado. Sacks agrega que, mejor que estos algoritmos, la música funciona como una prótesis (un peculiar marcapasos) que, por ejemplo, impulsa a los enfermos a recuperar lo que Luria llamaba la “melodía cinética” de una escritura normal, cuando sin música no lograban realizar más que trazos indescifrables.¹

Estos ejemplos nos muestran, una vez más, la ubicación central del habla y del lenguaje en los circuitos exocerebrales. Los sistemas simbólicos de comunicación conforman el núcleo en torno al cual se articulan las piezas del exocerebro. Algunos lingüistas consideran que se trata de un núcleo duro constituido esencialmente por estructuras sintácticas formales que tienen su origen, como ha asegurado Chomsky, en un dispositivo genéticamente instalado en la mente, dedicado a la adquisición y aprendizaje del lenguaje. Desde este punto de vista se establece que un cerebro sin un módulo innato especializado sería insuficiente para que un niño pueda en muy poco tiempo adquirir un sistema gramatical tan complejo a partir de las pocas expresiones y palabras que escucha en el seno de su familia (este argumento es el de la llamada “pobreza del estímulo”). El razonamiento ha sido generalizado a una gran variedad de habilidades y rasgos culturales, de manera que parece necesario que existan módulos tanto para la amistad y el cuidado de los niños como para el miedo y el intercambio social.² La teoría modular sólo se sostiene si se acepta el supuesto de que las estructuras esenciales del lenguaje caben enteramente dentro del cerebro (y, por extensión, que prácticamente todos los fundamentos del mundo cultural también se alojan dentro del cráneo). Yo sostengo, en contraste, que las estructuras lingüísticas funcionan como núcleo mediador en los circuitos exocerebrales. Muchos neurólogos han encontrado enormes dificultades para integrar en sus investigaciones la visión dura, rígida y formalista del

¹ Oliver Sacks, *ibid.*, p. 280.

² John Tooby y Leda Cosmides, “The psychological foundations of culture”.

lenguaje, centrada en sus expresiones gramaticales. Me parece que la neurología encontrará una inspiración más estimulante y creativa en las reflexiones que toman como base el simbolismo del habla. En la tradición lógico-matemática de Alfred North Whitehead, la filósofa Susanne Langer ha propuesto una brillante interpretación del habla y de los llamados lenguajes artísticos y mitológicos.¹ Yo quiero recuperar de ella su idea de que el lenguaje es la parte discursiva de un conjunto de expresiones simbólicas como los rituales, la danza, la música, las artes plásticas y el mito. Una idea similar puede ser recuperada de Ernst Cassirer.² Langer plantea que una teoría general del simbolismo debe distinguir dos modos simbólicos: el discursivo y el no discursivo, el verbal y el no verbal. Los dos modos vienen de la misma raíz, sostiene Langer, pero sus flores son diferentes: “en este mundo físico espacio-temporal de nuestra experiencia hay cosas que no se adaptan al esquema gramatical de expresión. Pero no son necesariamente asuntos oscuros, inconcebibles o místicos; son simplemente temas que es necesario concebir mediante algún sistema simbólico diferente del lenguaje discursivo”.³ Llega a afirmar que “si el ritual es la cuna del lenguaje, la metáfora es la ley que rige su vida”. El lenguaje debe haber surgido y evolucionado en un contexto simbólico de rituales, danzas, fiestas y música, es decir, en un contorno de expresiones no discursivas.⁴

¹ Susanne K. Langer, *Philosophy in a new key. A study in the symbolism of reason, rite, and art*. Este libro, ahora casi olvidado, tuvo un éxito extraordinario cuando apareció en 1942, pues es un buen texto de divulgación. Guillermo Lorenzo ha señalado la importancia del pensamiento de Langer en el estudio del origen del lenguaje: “El origen del lenguaje como sobresalto natural”.

² Ernst Cassirer, *Mito y lenguaje* [1924].

³ Susanne K. Langer, *Philosophy in a new key*, p. 88.

⁴ *Ibid.*, p. 141. Recientemente Steven Mithen ha destacado el papel de la música en el origen del lenguaje, aunque no presta mucha atención a las ideas de Langer. Mithen ofrece una interpretación modular muy especulativa y una exploración sugerente de recientes estudios neurofisiológicos sobre la música y su posible relación con la evolución de los homínidos (*The singing Neanderthals*). En un libro anterior, *The*

Para ello es importante distinguir entre señales y símbolos. Para marcar la distinción Langer cita precisamente el famoso pasaje de la autobiografía de Helen Keller donde relata el descubrimiento de la diferencia entre señales o signos digitales y el nombre o símbolo de la cosa (el agua). El signo o la señal, que es la base de la inteligencia animal, indica algo sobre lo que hay que actuar o bien es un medio para activar una acción. En cambio el símbolo es una herramienta del pensamiento.¹ Una señal revela la presencia de una cosa, una situación, un acontecimiento o una condición. La señal es percibida por el sujeto y significa un objeto presente, futuro o pasado. Cierta olor indica la presencia de una fruta, determinado ruido significa que se acerca un cuadrúpedo de gran tamaño, un peculiar sabor revela que el alimento está podrido. Además de estas señales naturales, hay signos artificiales: el silbato que anuncia la salida del tren, las dos letras que significan un sonido vocal silábico, las señales en un pentagrama que significan un acorde musical preciso. Helen Keller aprendió varias secuencias de signos digitales antes de comprender que formaban un símbolo (una palabra) que le podía servir para pensar y concebir un objeto. Como sostiene Langer, los signos *anuncian* sus objetos a un sujeto, mientras que los símbolos *lo conducen a concebirlos*. Una corta secuela de señales en la mano podía anunciarle a Keller que una sensación fría fluiría entre sus dedos. Pero sólo la palabra “agua” como símbolo le permitió pensarla. Los símbolos más obvios y sencillos son los nombres propios, que evocan a

prehistory of the mind, ya había ofrecido un panorama del posible origen de la mente humana, pero no se había percatado de la importancia de expresiones simbólicas no discursivas como la música.

¹ Langer no usa el concepto de signo a la manera de Saussure, quien lo concibió como la unión entre una imagen acústica y un concepto, entre una representación sensorial y una idea abstracta. El signo para Saussure es una entidad dual que conecta a significantes (patrones de sonidos) con significados (conceptos). Para Langer ésta es la función simbólica, y el signo es más bien como el síntoma o la señal. Para evitar confusiones usaré preferentemente el concepto de señal. *Ibid.*, p. 63.

una persona concreta. Por supuesto, las señales pueden ser usadas como símbolos y éstos pueden funcionar como señales o signos. Pero es importante reconocer la diferencia entre las funciones simbólicas y las señalizadoras.

La diferencia entre señales y símbolos es importante para enfrentar el problema de las conexiones del cerebro con el exocerebro. Los circuitos neuronales funcionan mediante señales químicas y eléctricas, mientras que el lenguaje es un sistema simbólico. Hasta donde se sabe, el cerebro no funciona mediante símbolos, al menos no de una manera directa ni mediante procesos de representación: para operar con símbolos el sistema nervioso necesita conectarse con el entorno cultural para que ciertos conglomerados de señales adopten una forma simbólica. Pero no se sabe aún cómo opera esta transformación. Por su parte, en los sistemas culturales sí hay operaciones con señales que se transforman en representaciones simbólicas. Mi propuesta consiste en considerar que algunas transformaciones simbólicas de los circuitos culturales tienen, por decirlo así, un *carácter cerebral*, sin que sean operaciones que transcurren en el interior del cráneo. Ocurren en las redes que comunican unos cerebros con otros, a unos individuos con otros.

Para comprender este aspecto del problema puede resultar útil alejarse de las dimensiones más rígidas del lenguaje codificado y acercarse a las expresiones fluidas y flexibles del habla. Se ha observado, con razón, que la gran facilidad con que los niños aprenden una lengua (y que supuestamente prueba que hay un módulo cerebral que genera las estructuras lingüísticas) se refiere a las formas espontáneas del habla cotidiana. Pero cuando se aplica el análisis generativo a la sintaxis se usan siempre ejemplos del lenguaje codificado y escrito. El problema es que la diferencia entre el habla espontánea y el lenguaje codificado es muy grande.¹ Así que no hay tal abismo entre la

¹ Charles N. Li y Jean-Marie Hombert, “On the evolutionary origin of language”, p. 198.

“pobreza” del contexto lingüístico que estimula al niño y la “riqueza” de las reglas sintácticas del habla cotidiana. Y a partir del habla común y sencilla es perfectamente posible escalar paulatinamente, en el proceso de socialización, hasta llegar al manejo de estructuras lingüísticas sofisticadas, sin necesidad de un módulo cerebral especializado que guíe las operaciones de aprendizaje.¹

Veamos ahora otra interpretación que complementa el análisis: la de Lev Vygotsky, que publicó en 1934 un texto pionero titulado *Pensamiento y habla*.² El desarrollo del pensamiento no es concebido por Vygotsky como la gradual socialización de estados profundamente íntimos y personales (como lo plantea Piaget). Para Vygotsky la función primordial del habla, tanto en niños como en adultos, radica en la comunicación y el contacto social. Las formas tempranas del habla son esencialmente sociales y durante su crecimiento el niño va transfiriendo los patrones de conducta originalmente sociales a sus procesos internos.³ El desarrollo del lenguaje hablado comienza como una actividad social, después adquiere un carácter centrado en el yo, para finalmente generar un habla interior. Para Vygotsky es importante reconocer que las gramáticas del habla común, del lenguaje escrito y del habla interior son muy diferentes. El habla coloquial usa una sintaxis simple, tiene un carácter expresivo y musical lleno de entonaciones y presupuestos implícitos, se desarrolla siempre como parte de una conversación fluida motivada por los interlocutores y por el contexto en que se produce. En contraste, el habla interior tiene un carácter condensado, abreviado y casi totalmente predicativo,

¹ La diferencia entre *lenguaje* y *habla* es similar, pero no idéntica, a la distinción de Saussure entre *langue* (sistema abstracto) y *parole* (la manifestación del sistema). La diferencia que me interesa hace hincapié en planos de complejidad y en funciones.

² La edición en inglés de 1986 mantiene el título equivocado de *Thought and language* debido a que así se le conoce ampliamente desde la primera traducción de 1962 (cito de la versión revisada por Alex Kozulin en 1986). Véase también el libro *Conciencia y lenguaje* de A. R. Luria, gran continuador de Vygotsky.

³ Lev Vygotsky, *Thought and language*, pp. 34-35.

puesto que el sujeto que piensa es siempre conocido por el pensador y no requiere ser enunciado.¹ El habla interior tiene una sintaxis incompleta y desconectada. El lenguaje codificado y escrito tiene en cambio una sintaxis muy compleja y coherente, con una fuerte inclinación monológica y abstracta. A partir de Vygotsky podemos comprender que las estructuras lingüísticas son diversas y flexibles, no se expresan de una sola forma, se adaptan a diferentes funciones y se ubican en distintos planos de complejidad.

Las expresiones simbólicas de los humanos no se reducen al lenguaje y al habla. Las habilidades plásticas que permiten dibujar, pintar, modelar y grabar han generado una gran variedad de símbolos. Lo mismo ocurre con la música y la danza. En estas formas no discursivas de expresión encontramos una relación entre señales significativas y símbolos, pero no hallamos, como en el lenguaje, las unidades mínimas de significado (las palabras) que pueden combinarse en secuencias que encuentran su equivalente en distintas lenguas. Los colores, las imágenes, los movimientos del cuerpo o los tonos no son parte de un vocabulario y las estructuras que los enlazan no son una sintaxis. Y no obstante estas expresiones forman flujos o conglomerados de símbolos que evocan sentimientos, ideas y emociones por medios no representativos. Si queremos comprender las expresiones simbólicas como constituyentes del exocerebro no debemos pensar sólo en sus expresiones sofisticadas y complejas características de las civilizaciones avanzadas. No se trata de analizar el arte de, digamos, Dimitri Shostakovich, Isadora Duncan y Pablo Picasso como parte del exocerebro. Sin embargo, debemos aceptar que al menos una parte, posiblemente pequeña, de las expresiones simbólicas modernas (tanto discursivas como no discursivas) está estrechamente vinculada con redes neuronales que se apoyan en la existencia de conexiones externas. Esta pequeña parte del simbolismo exocerebral es la que podemos suponer estaba presente ya cuando los

¹ *Ibid.*, p. 182.

primeros humanos comenzaron a labrar estatuillas, pintar paredes en las cuevas y, seguramente, cantar, danzar y hablar. ¿Cómo se aproxima un neurocientífico al mundo del arte? El doctor Ramachandran dedica al arte un simpático capítulo de su libro sobre la conciencia, y me interesa citarlo pues una parte importante de su reflexión está inspirada por el comportamiento animal ante una prótesis. El ejemplo lo toma de Nikolaas Tinbergen, quien hizo algunos experimentos con polluelos de gaviota argéntea. Apenas salen de su cascarón comienzan a picotear la mancha roja que su madre tiene en el pico amarillo; ella entonces regurgita comida semidigerida para alimentar a los pequeños. Obviamente, el polluelo reacciona así debido a que ciertos circuitos nerviosos en las zonas visuales de su cerebro están especializadas en reconocer picos de gaviota. En el transcurso de sus experimentos, Tinbergen presentó un pico artificial, con mancha roja, a los polluelos, quienes reaccionaron exactamente de la misma forma aun cuando detrás del pico, en lugar de madre, estaba la mano del científico. Pero Tinbergen llevó las cosas al límite: tomó un largo palo amarillo con tres rayas rojas y se lo mostró a los polluelos. Éstos reaccionaron con mucho mayor entusiasmo ante este curioso artefacto, que ni siquiera se parecía a un pico de gaviota: preferían la prótesis a un pico de verdad. Y aquí es donde entra la idea de Ramachandran: "Si las gaviotas argénteas tuvieran una galería de arte, colgarían en la pared un largo palo con tres rayas rojas; lo venerarían, pagarían millones de dólares por él, lo llamarían un Picasso, pero no entenderían por qué... por qué quedan hipnotizadas por esta cosa aun cuando no se parece a nada".¹ Un etnólogo que estudiase las especulaciones de Ramachandran podría preguntarse: ¿por qué este neurólogo cree que los coleccionistas de arte que compran arte contemporáneo actúan exactamente como los polluelos de gaviota? Porque está convencido de que existe una gramática perceptual que contiene elementos figurales primitivos universales, uno de los cua-

¹ V. S. Ramachandran, *A brief tour of human consciousness*, p. 47.

les es la atracción por representaciones en las que ciertos rasgos significativos se han hiperenfatizado hasta deformarlos por completo (como el palo amarillo con tres rayas rojas). Es muy sintomática la extendida atracción entre muchos neurólogos por la idea de unos módulos mentales que funcionan como arquetipos y que les interesan más que las prótesis y artefactos en que eventualmente se apoyan. Esta atracción se justifica por la evidencia de que hay un buen número de operaciones simbólicas que tienen su base en circuitos neuronales. Ramachandran considera que hay varios indicios de que existen "metáforas sensoriales" inscritas en el sistema nervioso, como lo demuestran los fenómenos sinestésicos que vinculan áreas cerebrales usualmente separadas (ya he comentado la asociación entre números y colores).¹ Menciona tres pruebas. En primer lugar, las vinculaciones entre sonidos e imágenes que parecen estar profundamente arraigadas en el cerebro, como la que se establece entre los sonidos *vuva* y *quiqui* que se asocian en el 98 por ciento de la gente (de diversas culturas) respectivamente con una figura de formas bulbosas similar a una ameba y con una figura dentada con un perfil quebrado y estrellado. Este y otros ejemplos demostrarían que estamos ante la existencia previa de una traducción no arbitraria de la apariencia visual de un objeto (representado en el giro fusiforme) y la representación de un sonido (en la corteza auditiva).² En segundo lugar, supone una asociación entre el área visual y la de Broca (que controla los músculos de la vocalización); una prueba sería, por ejemplo, que los objetos pequeños se simbolizan en diversas lenguas con palabras que hacen que los labios imiten el tamaño ("diminutivo") y las cosas grandes con sonidos que obligan a abrir la boca ("enorme", "largo"). A este poco convincente argumento añade una tercera asociación entre el área de la mano y la de la boca, que como se sabe son adyacentes en el homúnculo motor que dibujó Penfield. Ya Dar-

¹ *Ibid.*, p. 62.

² *Ibid.*, p. 77.

win había observado que con frecuencia la gente, cuando corta con unas tijeras, mueve al mismo tiempo las mandíbulas inconscientemente.

Falta considerar en estos ejemplos, incluyendo el caso del polluelo que acepta un palo como metáfora de la gaviota maternal que le trae alimentos, un aspecto esencial: la presencia de un elemento artificial simbólico externo, de una prótesis que aparece como un dibujo, una palabra, un instrumento o un simulacro (de pico). No me cabe duda de que el uso de estas prótesis tiene como apoyo la presencia de procesos de sinestesia en el cerebro. Este proceso sinestésico interno opera mediante señales químicas y eléctricas que viajan entre regiones (las regiones motoras del habla, los centros visuales y el giro fusiforme). Pero me parece muy difícil suponer que las relaciones de correspondencia entre regiones utilicen códigos simbólicos y metafóricos. Es necesario que los flujos internos de señales logren establecer correspondencias sinestésicas con las prótesis simbólicas externas, y no sólo entre diversas áreas del cerebro.

Regresemos al experimento mental de las gaviotas interesadas en el arte. Para que hayan llegado a formar una sociedad dispuesta a montar exposiciones, han debido previamente fabricar ellas mismas las prótesis simbólicas que les permitan un sistema estable de graznidos para comunicarse, además de muchos otros artefactos e instituciones sociales. Acaso un grupo mutante de gaviotas comprendió la importancia de la simulación fabricada por Tinbergen y a partir de esa especie de soplo divino logró desarrollar con el tiempo una civilización avanzada. Pero los primeros pasos en la evolución de unas hipotéticas gaviotas sociales inteligentes debieron ser el desarrollo de un paquete mínimo de prótesis exocerebrales para lograr sobrevivir en un medio lleno de amenazas. Para ello las gaviotas cultas (lo mismo que los humanos primigenios) debieron tener algún sistema que les permitiese enlazar y establecer correspondencias entre las señales internas y los símbolos externos. La autoconciencia gaviótica o humana debió aparecer cuando se produjo este paso de las señales

internas a los símbolos externos que son comprendidos por otros individuos.

Cuando Ramachandran se acerca a este problema expone una idea que, si la hubiese explorado con detenimiento, le habría llevado directamente al exocerebro. Sugiere que las representaciones sensoriales no conscientes adquieren la condición de *qualia* en el proceso de ser codificadas en conjuntos manejables que puedan llegar a las estructuras ejecutivas centrales del cerebro. Ello produce otras representaciones de alto nivel, a las que llama "meta-representaciones", y que pueden considerarse "casi como un segundo cerebro «parasitario»" que permite descripciones más económicas de los procesos automáticos que realiza el primer cerebro.¹ En este punto hay dos alternativas: plantear que se trata de una especie de homúnculo interno y privado, o bien buscar más lejos y pensar que este segundo cerebro es externo. Ramachandran toma la primera opción y considera que el homúnculo cerebral es responsable de realizar representaciones de representaciones (es decir: meta-representaciones), y que por ello se liga a las capacidades lingüísticas. Parece necesario, pues, que la conciencia surja en una especie de salto de una clase de representaciones a otra. Pero algunos neurólogos, como Ramachandran, tienen miedo de que el salto los lance al espacio exterior, fuera de los circuitos nerviosos. Prefieren mantenerse dentro del cerebro, aun cuando para ello tengan que abrazar al homúnculo cartesiano, en su encarnación meta-representacional como estructura mediadora y traductora.²

¹ *Ibid.*, p. 99.

² Ramachandran admite que aunque el yo es privado, se enriquece mucho por las interacciones sociales, y acepta que puede haber evolucionado principalmente en un medio social. Es más, considera que nuestros cerebros se encuentran inextricablemente ligados al ambiente cultural. Pero se trata de una vaga definición de la sociedad y la cultura como "medio" o "ambiente", sin un reconocimiento de que en este "hábitat" hay estructuras y circuitos que pueden formar parte de ese segundo cerebro "parásito". *Ibid.*, pp. 105 y 108.

Me parece sintomática y reveladora la necesidad de acudir a la hipótesis de un segundo cerebro interior, que habría emergido en el curso de la evolución. Sin duda surgieron, en algún punto del proceso evolutivo, nuevos circuitos y se adaptaron los previos a las operaciones cognitivas de alto nivel, pero las funciones propiamente meta-representacionales requieren de recursos externos de carácter sociocultural. Lo que estamos buscando son símbolos que representan señales, y señales capaces de indicar la presencia de símbolos. Para ello, regresemos al problema de las imágenes visuales que permiten entender ciertas facetas del arte. Podemos entender que la atracción del cerebro por ciertos rasgos enfatizados y deformados (el palo amarillo con tres rayas de las gaviotas) se expresa en los humanos, pongamos por ejemplo, en figuras antropomórficas con rasgos sexuales amplificadas, como las famosas Venus prehistóricas o las representaciones fálicas. Aquí habría una conexión entre cierta selectividad en las señales con que operan los circuitos nerviosos y los símbolos ligados al culto a la fertilidad. La preferencia neuronal por ciertas asociaciones cromáticas puede ligarse a símbolos de identidad tribal o familiar. La inclinación y la habilidad por descubrir figuras en contextos velados (un predador escondido en el follaje) pueden conectarse a símbolos de potencias malignas ocultas. La capacidad de apreciar elementos aislados fuera de contexto puede asociarse a las capacidades simbólicas para generar nombres y sustantivos. Para las gaviotas estetas el multicitado palo con rayas que capta la atención de sus neuronas es un símbolo de la madre primordial. Para que estas peculiares transformaciones ocurran es necesario que las secuencias de señales neuronales se expresen como símbolos que son comprendidos por otros individuos. Y viceversa: es preciso que las estructuras simbólicas que provienen de la sociedad puedan encontrar un equivalente en señales capaces de circular por el sistema nervioso. Me inclino a pensar que el "aparato traductor" se halla más bien fuera del cráneo, por una razón sencilla: hasta donde se sabe el cerebro sólo es capaz de procesar señales, mientras

que podemos estar seguros de que los circuitos sociales y culturales pueden operar tanto con símbolos como con señales. Por supuesto, una secuencia discreta de señales neuronales, equivalente a un símbolo, debe ir acompañada de algún "marcador" que la identifique, para que su significado no se diluya en el torrente de códigos químicos y eléctricos. Este problema lo abordaré más adelante, cuando me refiera al tema de la memoria.

10. AFUERA Y ADENTRO:
EL INMENSO AZUL

Para comprender las relaciones entre las redes exocerebrales y los circuitos neuronales que operan con señales eléctricas y químicas aparentemente es necesario encontrar ciertos dispositivos que ligen las secuencias internas con las externas. La primera dificultad con que nos topamos radica en la misma separación de lo interno y lo externo. El problema es que a partir del énfasis en uno u otro ámbito se han desarrollado dos grandes interpretaciones de los procesos mentales. En primer lugar tenemos la llamada visión “internalista”, que establece que la conciencia es un proceso determinado por ciertos tipos de actividad cerebral interna en los individuos durante el proceso de su interacción con el mundo. En contraste, la visión “externalista” afirma que la conciencia es una construcción que depende de las relaciones sociales y culturales basadas en el lenguaje. La primera visión suele ser innatista y sostiene que las estructuras cognitivas son dispositivos cerebrales determinados genéticamente. Es la visión que tienen Noam Chomsky y Jerry Fodor.¹ En el otro extremo encontramos a autores como Clifford Geertz y Richard Lewontin, que enfatizan la importancia decisiva de la interacción y del sistema simbólico.² Yo no quiero entrar a revisar esta polémica, entre otros

¹ Véanse Noam Chomsky, *New Horizons in the study of language and mind*, y Jerry Fodor, *The modularity of mind*.

² Véanse Clifford Geertz, *The interpretation of cultures*, y Richard Lewontin, *Biology as ideology*. En otro ensayo Geertz se refirió al “carácter funcionalmente incompleto del sistema nervioso” (“Culture, mind, brain/Brain, mind, culture”, p. 205).

motivos porque me parece que se trata de una confrontación tan superada como la que establece la oposición entre natura y cultura.

Pero no todos los neurocientíficos están, en el fondo, convencidos de que la oposición natura/cultura está superada, pues ello implica aceptar que la mente y la conciencia se extienden más allá de las fronteras craneanas y epidérmicas que definen a los individuos. Y para muchos esta aceptación equivale a validar la visión “externalista”. Recientemente Robert Wilson, conocido por sus reflexiones sobre las ciencias cognitivas, ha dedicado un interesante libro al problema de las fronteras de la mente. Wilson está convencido de que la mente no se detiene ante los muros que separan al individuo del mundo exterior y presenta una hipótesis que en cierta manera coincide con las ideas que he expuesto sobre el exocerebro.¹ Wilson concibe la conciencia como un proceso extendido en el tiempo (dura mucho más que unos pocos segundos) que se encuentra sostenido por un *andamiaje* (*scaffolding*) ambiental y cultural externo. Este proceso, dice Wilson, *encarna* en un cuerpo que se halla *empotrado* en un medio ambiente. Desgraciadamente no se extiende en la explicación del andamiaje externo que forma parte de la conciencia. Cita como ejemplos los equipos de navegación, los relojes y los mapas, y desde luego el habla y la escritura, como mediadoras que modifican la estructura de la cognición.² La concepción de que la conciencia es apuntalada por andamios culturales y ambientales es similar a mi idea de que la autoconciencia humana opera con prótesis culturales. Pero en el planteamiento de Wilson está ausente la idea de que las prótesis (o los andamios) constituyen un sistema simbólico de

¹ Robert A. Wilson, *Boundaries of the mind. The individual in the fragile sciences.*

² Wilson bautiza su concepción de la conciencia como TESEE: Temporalmente Extendida, Sostenida en Andamios, Encarnada y Empotrada (Temporally Extended, Scaffolded, and Embodied and Embedded). Pero no dedica más de una docena de páginas a su concepción (*ibid.*, pp. 215-225, 240-241). Aunque no lo cita, las ideas de un proceso encarnado y empotrado parecen tomadas de Francisco Varela (*The embodied mind*).

sustitución de funciones que los circuitos cerebrales no pueden completar por sí mismos.

Veamos ahora el problema desde el punto de vista de los modelos computacionales de la conciencia. Wilson reflexiona sobre las visiones amplias que no sólo consideran al cerebro como un sistema de computación, sino que creen que dicho sistema incluye al medio ambiente que rodea al organismo. El problema con esta interpretación es que, para que sea coherente, debe considerar tanto a la mente como al mundo que la rodea como un sistema de cómputo unificado. Pero para que ello sea cierto hay un requisito que cumplir: el medio social y los circuitos neuronales deben constituir una compleja estructura causal que permita una caracterización formal común, de tal manera que sea innecesario buscar reglas de traducción entre las partes cerebrales y las expresiones ambientales.¹ Aunque el modelo computacional de la mente y del cerebro ha sido abandonado por casi todos los neurobiólogos, el problema de la posible unidad sistémica de los ámbitos internos y externos de la conciencia se mantiene como una tema inquietante. Al respecto es sugestiva la explicación de Dana Ballard sobre las funciones de rápida y constante actualización de datos codificados en el medio ambiente durante el proceso de cognición. El cerebro se aprovecha de información almacenada en el ambiente y que por ello no requiere ser archivada o computada por el individuo. Un ejemplo de esta “codificación deíctica” en el proceso de reconocimiento visual son los rápidos y constantes movimientos oculares, sacádicos, que obtienen de ciertos puntos fijos del contorno a los que se apunta la mirada una información que no es necesario guardar dentro del cerebro. Así, el orden óptico ambiental es aprovechado por los veloces movimientos del ojo que apuntan o señalan directamente los elementos del campo visual necesarios para completar un proceso de conocimiento y reco-

¹ Robert A. Wilson, *ibid.*, pp. 167-169.

nocimiento.¹ Esta interpretación se puede extender a la memoria, la atención y a otras actividades.

Un obstáculo difícil de superar radica en el hecho de que los códigos requieren de una sintaxis que organice la manera en que deben ser combinados y manejados. Como observa Wilson, los códigos requieren ser interpretados y para ello se requieren otros códigos para lograr el desciframiento. Pero aquí entramos en una regresión infinita, pues siempre se requerirá de nuevos códigos para descifrar los anteriores. O bien, para salvar este obstáculo, podemos imaginar un proceso no interpretativo que prescindiera de los códigos: pero en este caso, resulta inútil el uso de códigos en la interacción, pues ningún proceso posterior intentará descifrarlos e interpretarlos.² Si llevamos a su extremo esta última alternativa, podríamos llegar a un callejón sin salida: la codificación social y cultural sería un raro epifenómeno externo que no influiría en el funcionamiento de los circuitos neuronales, los cuales operarían mediante procesos internos no interpretativos ni representacionales. Pero ello no soluciona el problema de los vínculos entre lo interno y lo externo. Simplemente lo anula al decretar un divorcio tajante entre dos ámbitos inmanentes, el ambiente cultural externo y el espacio cerebral.

El problema que la investigación científica debe resolver consiste, a mi juicio, en encontrar la manera concreta en que los circuitos nerviosos —y específicamente la corteza cerebral— logran trabajar con los símbolos, los códigos y las señales del mundo cultural. Las investigaciones han avanzado mucho en la localización de los procesos que se inician en los estímulos sensoriales que son transducidos en las terminales periféricas de las fibras nerviosas y son enviados a las áreas sensoriales primarias de la corteza cerebral. Como explica Mountcastle, se conocen relativamente bien la geografía y las conexiones de

¹ Dana Ballard, M. Hayhoe, P. K. Pook y R. P. Rao, "Deictic codes for the embodiment of cognition". Véanse los comentarios de Robert Wilson en *Ibid.*, pp. 176ss.

² Robert Wilson, *ibid.*, pp. 140-149.

los impulsos nerviosos, pero se sabe muy poco sobre los mecanismos y los procesos operativos. Muchos fenómenos han sido localizados en la corteza cerebral, como la sincronización, la acumulación de datos y su recuperación, la amplificación y otros. Pero los circuitos neuronales de estos procesos aún no son completamente entendidos. El hecho es que no se conocen las funciones básicas del córtex cerebral.¹ Mountcastle señala la urgencia de generar modelos teóricos e hipótesis que guíen la investigación, y señala la fertilidad que tuvieron los modelos computacionales en el estímulo de los estudios neurofisiológicos. Sin embargo, asegura tajantemente que la metáfora que ve al cerebro como una computadora digital es totalmente falaz y debe ser abandonada.²

Yo creo que las nuevas reflexiones de los científicos sobre los problemas de la conciencia contribuyen a la gestación de modelos teóricos estimulantes y creativos. Algo que quiero destacar es el hecho de que la conciencia de alto nivel (o autoconciencia) parece contener una paradoja: para que un individuo se percate de su individualidad única, sus sensaciones "internas" deben estar expuestas al mundo "externo". No me refiero al hecho obvio de que el cerebro se alimenta de información que proviene del medio ambiente. Quiero decir que el carácter unitario del flujo interior se confirma en la medida en que entra en contacto y circula por el espacio social y cultural, en interacción con otras personas. No se trata solamente de que la epidermis define la individualidad de un organismo. Dicho en otras palabras: para que una individualidad pueda definir su mundo interior es necesario que este mundo sea también externo y se exponga a las inclemencias del clima social. Pero si lo interior está, al menos parcialmente, afuera, entonces comienza a perder sentido la dicotomía interno-externo. Ya he señalado que, en su discusión con Jean-Pierre Changeux, Paul Ricoeur sugirió que la conciencia está afuera

¹ Vernon B. Mountcastle, "Brain science at the Century's ebb", pp. 16-17.

² *Ibid.*, p. 29.

de ella misma, y que es necesario reconocer que el espacio consciente no se encuentra totalmente dentro del cerebro. Changeux defiende la utilidad de los modelos de conciencia que la definen como procesos que ocurren dentro del cráneo. Ricoeur le señala que el modelo que postula no procede de las ciencias neuronales, sino de otras disciplinas que hacen hincapié precisamente en una apertura a un mundo formado por interacciones, y que permite observar a la conciencia como un espacio de simulación y de acciones virtuales que se encuentra intercalado entre el mundo exterior y el organismo. Y sin embargo Changeux, como muchos otros neurocientíficos, está paradójicamente convencido de que “todo ello sucede dentro del cerebro”.¹ Ricoeur le recuerda que el espacio de la conciencia se liga al tiempo y por lo tanto a la experiencia viva de los humanos, cuyo espacio vital es, por un lado, el de sus cuerpos, sus posturas, sus movimientos y sus desplazamientos; pero es también, por otro lado, el espacio envolvente externo. Este espacio global de la experiencia viva es privado y común, es corporal y público. Para Ricoeur el llamado “medio cerebral interno” se encuentra dentro de ese espacio amplio que engloba tanto al organismo como a su contorno habitable.²

La paradoja de la conciencia ha intentado ser superada mediante teorizaciones metapsicológicas que definen el Yo como el desarrollo en el niño de una representación figurada de sí mismo a partir de la experiencia de la superficie de la piel. Ésa es la definición del “Yo-piel” que hace el psicoanalista Didier Anzieu, quien temeroso de que la psicología se convierta en la parienta pobre de la neurofisiología, intenta ubicar la conciencia del Yo en la piel, un hecho originario tanto biológico como imaginario. Para Anzieu el Yo-piel es una realidad de orden fantasmático, una estructura intermediaria entre el cuerpo, el psiquismo, el mundo y los otros.³ La metáfora de la piel

¹ Jean-Pierre Changeux y Paul Ricoeur, *Ce qui nous fait penser*, pp. 155 y 157.

² *Ibid.*, p. 158.

³ Didier Anzieu, *Le Moi-peau*, pp. 25-26.

como figura del ego puede ser estimulante, pero no deja de ser una falsa solución de la paradoja de la conciencia. No pasa de ser un curioso juego de palabras, donde la piel es un envoltorio como la corteza de un fruto o como el córtex cerebral, lleno de pliegues e invaginaciones, que delimita al organismo individual. El ego se alojaría en una epidermis psíquica dotada de la estructura de un envoltorio, una noción que permitiría a los psicoanalistas diagnosticar mejor las enfermedades que aquejan a sus actuales pacientes, que sufren hoy menos neurosis, fobias e histerias y más angustias narcisistas propias de personas que no reconocen los límites y las fronteras que separan el Yo psíquico del corporal, el Yo ideal de la realidad o aquello que depende de uno de lo que depende de otros.¹ Pero el hecho de que la cultura moderna y postmoderna parezca acrecentar la vulnerabilidad de las personas frente a las heridas narcisistas, supuestamente ocasionadas por defectos y debilidades del envoltorio psíquico, no nos arroja luz sobre el problema de la conciencia: más bien nos ayuda a definir ciertas peculiaridades de la compleja transición hacia una nueva época cultural y sociopolítica cuyos códigos, a comienzos del siglo XXI, todavía no conocemos.

Las metáforas son útiles para estimular la investigación y la reflexión. Creo que la metáfora de la botella de Klein, que ya sugería más arriba, permite pensar mejor el problema de la dicotomía interno-externo en el proceso cognitivo y en la formación de la autoconciencia. Una botella de Klein —así llamada en honor del gran matemático alemán— es el resultado de una acción similar a la ejecutada en una tira plana de papel para crear la cinta de Moebius, donde el verso y el anverso son la misma cara. Al pegar los dos extremos de la tira, que previamente se ha torcido una vez, formamos ese sencillo e inquietante espacio geométrico tridimensional que sólo tiene una cara. La llamada botella de Klein es un espacio topológico que se obtiene al unir los dos extremos de un tubo, retorciéndolo

¹ *Ibid.*, p. 29.

de tal manera que no forme un anillo y que por lo tanto tenga un solo lado. En un espacio de esta naturaleza podemos pasar de un lado a otro sin tener que atravesar la superficie: es una botella donde se pasa del interior al exterior sin tener que salir.

Muchos neurocientíficos rechazan esta situación paradójica. Por ejemplo, para Antonio Damasio la mente y su conciencia son primero y ante todo fenómenos privados, aunque ofrecen muchos signos públicos de su existencia. Por eso nos dice: “yo nunca sabré tus pensamientos, a menos que me los cuentes; y tú nunca conocerás los míos hasta que te los diga”.¹ Pero las cosas no son tan simples: yo le contestaría que, “si no lo explicas a nadie, tú no sabrás *qué* piensas aunque sepas *qué* piensas”. Pero como los humanos no somos seres aislados, sino individuos hablantes que no cesamos de comunicarnos, sabemos *qué* pensamos y nos damos cuenta de *qué* pensamos. Por ello no nos sirve el conocido experimento mental de la científica experta en neurofisiología del color pero que vive encerrada dentro de un ambiente en blanco y negro. Se supone que esta experta un buen día sale a otro mundo y experimenta por vez primera la sensación del color. La conclusión es que su conocimiento científico, por más refinado que sea, no le puede proporcionar la experiencia multicromática, que sería única y exclusivamente privada.² De aquí que se suponga que la conciencia del color sea intransferible e interna. Ya he comentado en el capítulo 5 la solución de Ramachandran a este problema. Ahora quiero señalar que lo único que este experimento mental nos dice es que la detallada descripción de los circuitos neuronales y su explicación científica son incapaces de comunicar las experiencias cromáticas. Pero si escapamos del laboratorio mental donde se realiza artificialmente el experimento, y nos acercamos a las redes culturales reales, podremos comprobar que de manera coti-

¹ Antonio Damasio, *The feeling of what happens*, p. 309.

² Véase Franck Jackson, “Epiphenomenal qualia”, y los comentarios de Antonio Damasio, *ibid.*, p. 307.

diana los seres humanos se comunican entre sí experiencias cromáticas (y de muchas otras clases).

La convivencia social nos rodea de enormes enjambres de símbolos relacionados con los colores. Fragmentos de canciones, frases hechas, recuerdos de pinturas o películas, versos, vestidos, joyas y mil cosas más se conectan a nuestra noción del azul, por ejemplo. Se podría decir que hay un pequeño segmento del exocerebro referido al azul y que un escritor puede aprovechar para escribir un relato o un poema que nos transmite su experiencia del color, mediante analogías, metáforas, códigos implícitos, presuposiciones y suposiciones. Cuando leemos el libro de Rubén Darío titulado *Azul* el poeta nos transmite, entre muchas otras cosas, sus sensaciones sobre el azul. Por supuesto, no nos transmite *toda* su experiencia del azul, sino solamente una porción, un fragmento que impulsa un flujo de ideas y emociones propias del poeta y que nosotros no conocíamos antes de leerlo. En su experimento mental Ramachandran enchufaría un cable nervioso artificial en el cerebro de Rubén Darío, conectado directamente con nuestro sistema neuronal: así tendríamos *toda* la experiencia poética del azul sentida por este escritor, el cual se habría convertido en una prótesis mecánica y automática. En este ejemplo imaginario obtendríamos la experiencia azulosa directa de un individuo nacido en Nicaragua en el siglo XIX, pero nos perderíamos las sensaciones modernistas de su texto simbolista:

¡Oh inmenso azul! Yo adoro
tus celajes risueños,
y esa niebla sutil de polvo de oro
donde van los perfumes y los sueños

[“Anagke”, 1888]

¿Dónde está aquí la conciencia? Precisamente en la conexión simbólica indirecta entre las impresiones de Rubén Darío y nuestra experiencia al leer sus versos. Es el mismo carácter incompleto y

fragmentario de la comunicación lo que me permite afirmar que las nieblas sutiles, los celajes risueños, los perfumes y los sueños son símbolos azulados que forman parte de la conciencia subjetiva, y que no por ello están encerrados en los cerebros de quien los escribió y de quienes los leen. Se hallan también en los libros y en las bibliotecas de la gran memoria cultural de una sociedad. Así que, parcialmente, podemos tener acceso a las experiencias mentales de Rubén Darío y de otras personas. Y quiero insistir en que sólo tenemos un acceso parcial: si el acceso a la conciencia de otros fuese total, paradójicamente, perderíamos nuestro sentido de identidad y se erosionaría nuestra conciencia.

Pasemos ahora a un pequeño simulacro de interpretación neurofisiológica. Si leemos estos versos a un hablante monolingüe de japonés se activan solamente las áreas auditivas primarias y secundarias de su cerebro. En la fase siguiente del experimento, leemos a una persona de habla española una lista inconexa de sustantivos, adjetivos y verbos extraídos del poema:

perfumes	azul	oro
niebla	polvo	inmenso
risueño	sueños	adoro

En este caso hay una información léxico-semántica comprensible, y en consecuencia la reacción cerebral es más extensa: se activa la circunvolución frontal inferior izquierda, entre otras zonas. El siguiente paso consiste en leerle a la misma persona estos versos extraños, anormales y difíciles de comprender:

¡Oh menoro blaní! Yo suforo
 tus celaños polfumes,
 y esa suebla pertil de azolvo de jes.

En este caso el esfuerzo por descifrar el sentido de unas palabras desconocidas, pero inscritas en frases con información gramatical comprensible, activan, además de las áreas auditivas, los dos polos temporales y se observa una mucho mayor actividad en el hemisferio izquierdo. Otro patrón de actividad cerebral parecería si la información semántica fuese correcta, pero se mutilase la estructura sintáctica:

Yo adoran lo polvos risueña
 hacia vamos el sueñas de inmenso.

Por último, le leemos a nuestro sujeto el poema tal como lo escribió Darío: aparece una actividad extensa e importante en muchas regiones cerebrales, especialmente en el área prefrontal izquierda.¹

Todo esto indica que nuestro cerebro responde de una forma ordenada y que hay patrones de comportamiento que se reconocen en la distribución topográfica de la actividad neuronal. Al escuchar los versos de Rubén Darío se ponen a funcionar complejos sistemas cerebrales, grupos de neuronas oscilan a 40 hertz, se establecen enlaces tálamo-corticales, se activan conexiones dentro de cada hemisferio, a través del cuerpo calloso se comunican los dos hemisferios y se emiten neurotransmisores inhibitorios o excitantes. El cerebro comprende las estructuras sintácticas y los significados de las palabras. Es evidente que en el sistema nervioso se almacena información que, además de permitir la comprensión del sentido literal de los versos, genera una cascada de asociaciones, algunas de las cuales seguramente el escritor las buscó intencionalmente: el cielo, la alegría y lo valioso que se desprenden del azul inmenso, los celajes risueños y el polvo de oro. Pero quien escuche el poema agregará

¹ El experimento mental es una paráfrasis de estudios científicos reales. Véanse Helen J. Neville y Daphne Bavelier, "Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans", y Jean-Pierre Changeux, *L'homme de vérité*, p. 190.

asociaciones personales con el perfume de seres amados, los deseos soñados o la nostalgia de un día neblinoso en París. Aquí operan lo que Changeux llama las pre-representaciones, que corresponden a estados de actividad dinámicos, espontáneos y transitorios de poblaciones de neuronas capaces de formar combinaciones múltiples.¹

Aunque la experiencia del azul que evocan los versos de Darío tiene una evidente base cultural, aun aquí podemos encontrar huellas innatas en la percepción de los colores. Cuando se asocia el azul con el polvo de oro amarillo nos enfrentamos a una situación contradictoria: nuestro cerebro es incapaz de imaginar reflejos que sean simultáneamente azules y amarillos. No somos capaces de ver un amarillo azulado o un azul amarillento. Tampoco podemos identificar colores que sean al mismo tiempo verdosos y rojizos; y en cambio sí vemos la mezcla de azul y rojo como un morado o el amarillo y el rojo como anaranjado. Por supuesto, no hay ninguna razón física, cultural o lógica que impida ver simultáneamente los dos pares de colores opuestos. La longitud de onda es un fenómeno continuo, no hay ningún tabú cultural que prohíba dichas combinaciones ni tampoco impedimentos formales. El sistema tricromático de conos fotorreceptores en la retina explica la codificación en tres colores básicos (azul, verde y rojo), pero no permite comprender el amplio y variable abanico de categorías culturales que dan nombre a los colores. Tampoco explica la causa que prohíbe las combinaciones de rojo con verde y de azul con amarillo. Para esto último es necesaria la teoría de Ewald Hering que establece que en ciertas áreas retinales las neuronas producen dos pares de señales cromáticas opuestas (rojo/verde, azul/amarillo) y un par de señales acromáticas (oscuro/claro). Habría que agregar otros factores que inciden en la apreciación de los colores: su apariencia cambia según el contraste con las peculiaridades del contorno, de acuerdo a su adaptación al fondo y por influencia de la iluminación ambiental. La información visual

¹ *Ibid.*, p. 93.

es enviada desde la retina al núcleo geniculado central y de allí a la corteza visual primaria por tres vías: la parvocelular, la magnocelular y la koniocelular. La información se codifica y se distribuye de forma muy compleja; y no se sabe bien si las funciones principales en la interpretación del color se producen durante el flujo que va de la retina al córtex o bien están localizadas en algún centro cortical especializado en información cromática.¹

Aunque los versos de Darío evocan principalmente imágenes visuales, hay también una referencia a los olores. Se cree que en el curso de la evolución, la importancia de la visión en color provocó la disminución de las funciones olfativas en el cerebro. La codificación de olores es similar a la de los colores. Se han descubierto unos mil receptores olfativos capaces de activarse con olores distintos. Cada receptor es fabricado por un gen específico, reconoce las moléculas de un solo aroma y envía la información directamente al bulbo olfativo en el cerebro. Las células del epitelio nasal que tienen el mismo receptor envían todas ellas señales al mismo glomérulo en el bulbo olfativo (hay dos glomérulos por receptor, o sea unos dos mil). Los olores que podemos reconocer y nombrar son la combinación de las señales que envían algunos cientos de receptores. Así pues, el sistema olfativo codifica unos mil olores y puede reconocer unas diez mil combinaciones peculiares. Esto quiere decir que, como en el sistema visual, desde el proceso de transducción, cuando las neuronas sensoriales envían señales químicas y eléctricas como respuesta a estímulos externos, encontramos una codificación que separa y marca la información molecular o lumínica.² Hay que señalar que no ocurre lo mismo en el sistema auditivo que percibe las frecuencias de

¹ Brian A. Wandell, "Computational neuroimaging: color representations and processing".

² Richard Axel y Linda Buck, "A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition". Por esta investigación sus autores recibieron en 2004 el premio Nobel de medicina.

las ondas del sonido: allí no hay una segmentación, de tal manera que escuchamos toda la secuencia de tonos, desde los más altos hasta los más bajos, sin interrupciones. Aparentemente la codificación de los tonos tiene un origen enteramente cultural.

Quiero destacar que, si partimos de la hipótesis del exocerebro, podemos observar en la conciencia del azul un *continuum* que une los símbolos poéticos, sus expresiones lingüísticas, las imágenes cromáticas, las reacciones excitantes e inhibitorias, las conexiones corticales, las asociaciones y las respuestas motoras y emocionales. La conciencia del azul es un continuo ir y venir a lo largo de circuitos que son al mismo tiempo culturales y neuronales, externos e internos, sociales y privados, simbólicos y señaléticos, mentales y corporales.

La conciencia, por supuesto, no es solamente el breve centelleo que nos permite percatarnos del conglomerado de metáforas e imágenes contenidas en los versos de Darío. Es el flujo prolongado y coherente —como lo entendió William James— que nos da unidad como individuos y nos proporciona una aguda sensación de identidad. Sin embargo, para efectos de esta reflexión, he tomado en cuenta solamente el pequeño fragmento de conciencia que se revela cuando escuchamos los versos. Mi propuesta es que las 23 palabras de que se componen los cuatro versos, sus ligazones sintácticas, sus ritmos y su rima, el enjambre de imágenes visuales que evocan y la comunicación con la persona que los lee en voz alta *son parte de la conciencia*, una parte íntimamente conectada con la memoria, con los recursos lingüísticos alojados en el cerebro y con los circuitos emocionales que son excitados. La conciencia del azul es un enjambre articulado e interconectado de instancias neuronales y culturales cuya coherencia y continuidad permite esa peculiar experiencia. Creo que la brillante inteligencia de Helen Keller le permitió a esta mujer ciega y sorda intuir la presencia de un exocerebro que le ayudaba, por decirlo así, a *ver* y *oír* aquellos aspectos que sus sentidos no percibían. Lo que no miraba lograba verlo, lo que no escuchaba alcanzaba a

oírlo. ¿Cómo? Ella misma lo explica cuando, molesta, critica a quienes creen que los ciegos y los sordos no tienen derecho moral de referirse a la belleza, los cielos, las montañas, el canto de los pájaros y los colores: “Y sin embargo un espíritu atrevido me impulsa a usar palabras sobre la visión y el sonido cuyo significado puedo adivinar sólo gracias a analogías y fantasías”.¹ Es muy sintomático el conmovedor reclamo de Helen Keller contra quienes asumen que la ceguera y la sordera la aíslan de las cosas que los demás pueden gozar. Arguye que gran parte de las delicias de la vida cotidiana provienen del peligroso juego de imaginar analogías y del enorme poder del tacto, el olfato y el gusto que ha desarrollado. Ella moviliza un poderoso sistema simbólico de sustitución que le permite construir artificialmente, en los huecos oscuros y silenciosos de sus redes exocerebrales, las sensaciones cromáticas y musicales que le faltan. Tenía una cultura tan vasta y una inteligencia tan penetrante que fue capaz de comprender la naturaleza protésica del exocerebro y manejarla con gran habilidad para recomponer y equilibrar su conciencia del mundo al mismo tiempo que construía su identidad: “Cuando consideramos —contesta a sus críticos— lo poco que se ha descubierto sobre la mente, ¿no es asombroso que alguien presuma que puede definir lo que uno puede conocer o no conocer? Admito que hay maravillas innumerables en el universo visible que yo no puedo adivinar. De igual manera, oh confiado crítico, hay una miríada de sensaciones que yo percibo en las cuales tú ni sueñas”.² Ella, más que la mayoría, gracias a sus terribles carencias fue capaz de reconocer en la cultura las prótesis simbólicas que le permitían sustituir las sensaciones auditivas y ópticas. No es muy diferente lo que hacemos cuando escuchamos los versos de Darío, que son como una prótesis en la que nos apoyamos para comprender y sentir que la inmensidad del azul puede nublarse con el gozo perfumado y onírico del polvo dorado.

¹ Helen Keller, *The world I live in*, pp. 28-29.

² *Ibid.*, p. 29.

11. LAS ESFERAS MUSICALES
DE LA CONCIENCIA

Como hemos visto, una de las grandes dificultades para comprender la relación entre circuitos neuronales y redes culturales radica en la naturaleza hasta cierto punto rígida de los códigos lingüísticos, del sistema semántico de significados y de las estructuras sintácticas. No es fácil encontrar correlatos neuronales que reflejen las peculiaridades del habla. Pero si saltamos a otro ámbito cultural, en donde los símbolos son muy flexibles y los significados carecen de una fijación convencional, tal vez logremos una aproximación diferente e iluminadora del problema de la autoconciencia. Me refiero a las expresiones musicales, que ya he mencionado a propósito de las teorías de Susanne Langer. La sola mención del concepto "expresiones" musicales nos enfrenta a una situación compleja. Me referiré principalmente a la música instrumental llamada clásica o culta que no va acompañada de palabras. Desde hace siglos se afirma que la música, los compositores y los intérpretes "expresan" diferentes emociones, pasiones, humores y estados de ánimo. Desde luego, esta idea presupone que la música logra, en los que la escuchan, conmover los sentimientos, excitar las emociones y concitar los afectos de tal forma que corresponden aparentemente a las intenciones expresivas del creador y del intérprete. Langer, a partir de la evidente ligazón entre las emociones y la música, ha enfatizado la necesidad de comprender que ésta implica un vínculo de *representación* con los sentimientos y los afectos. Es decir, en la música hay un componente simbólico que permite entender que las emociones son representa-

das de una forma peculiar por las secuencias y combinaciones de sonidos. Susanne Langer sostiene que hay un isomorfismo entre emociones y música, y que las representaciones musicales son inefables; es decir, que la música revela estados de ánimo y sentimientos que no pueden ser expresados tan bien mediante el lenguaje u otros sistemas simbólicos. Ahora bien, ¿en qué consiste la relación entre una determinada forma musical y una forma emocional? Se ha criticado a Langer por no definir o precisar qué podría ser la *forma* de las emociones.¹ No puedo dar una respuesta general, pero sí quiero proponer que algunas de las formas que adquieren las emociones son precisamente las estructuras de la música. Estas estructuras se encuentran en el exocerebro y son una de las formas que adquieren las emociones: su forma simbólica.

Es sabido que desde tiempos antiguos los griegos establecieron una vinculación entre ciertos modos (“armonías”) y determinados estados de ánimo. Aristóteles en la *Política* señala que las melodías imitan el carácter y que por ello el modo mixolidio vuelve tristes a los hombres mientras que el modo dorio modera el temperamento y el modo frigio inspira entusiasmo.² Los modos (“armonías”) de Aristóteles y Platón eran los tonos de las escalas de Cleónidas y Ptolomeo, una combinación de nota, intervalo, tono y tipo de voz que hacía referencia a estilos melódicos regionales. Los tratadistas del Renaci-

¹ Véase el interesante libro de Laird Addis, *Of mind and music*, que desarrolla con creatividad e inteligencia las tesis de Susanne Langer (p. 25 sobre la “forma” de las emociones). Es curioso que Arturo Rosenblueth, para explicar el isomorfismo que existe entre los mensajes que recibimos del exterior mediante las fibras sensoriales aferentes y la estructura de los objetos y eventos originales, usó el ejemplo de la sonata para piano opus 111, de Beethoven, en sus diversas formas: partitura (1822), ejecución (de Schnabel, 1932) y posterior impresión en un disco fonográfico. Pero no explica cómo el isomorfismo podría continuar en los circuitos nerviosos (*Mente y cerebro*, pp. 73-79).

² *Política* 1349b, 1-5. En tiempos recientes Deryck Cooke, en su libro *The language of music*, ha querido establecer relaciones entre los doce tonos de la escala y las sensaciones de placer, alegría, dolor, aflicción, anhelo, etc.

miento y del Barroco mantenían teorías que vinculaban arreglos según los intervalos y las disonancias con la excitación de sentimientos y el estímulo de afectos. Esta tradición pasa por la Ilustración, encarna en Diderot y Rousseau, y llega hasta nuestros días. Sin embargo, es imposible pensar en un diccionario de símbolos musicales con sus correspondientes traducciones en términos emocionales. Sin duda es posible encontrar correlatos musicales de las emociones, pero no lograremos jamás ponernos de acuerdo en la definición de secuencias tonales y ritmos precisos para la admiración, la cólera, la esperanza, la melancolía, el orgullo o la vanidad. Podemos pensar que hay emociones que se reconocen fácilmente en determinadas piezas musicales, como la alegría o la tristeza. Pero será muy difícil que logremos definir un pasaje musical como expresión de la envidia o la vergüenza. Y sin embargo creemos firmemente que un compositor ha impreso en su música la expresión de amores, ansiedades, culpas, desprecios, manías, nostalgias y sorpresas. Pero no podríamos establecer en un diccionario las emociones, clasificadas por orden alfabético, de la admiración a la zalamería, con los correspondientes códigos musicales que podrían representarlas simbólicamente. Y, aunque ha sido sugerido, no es posible afirmar que los tonos son las palabras, la armonía es la gramática y los temas la sintaxis de la música.

Para reflexionar sobre el problema de la forma musical que puede adquirir una emoción, un humor o un sentimiento me gustaría usar ejemplos concretos. En algunas ocasiones los compositores se han referido textualmente a algún pasaje o movimiento con la palabra *melancolía*. ¿Qué han querido decir? Podemos suponer que Jean Sibelius escribió su opus 20 para violonchelo y piano, titulado *Malinconia*, para expresar las emociones que le causó el fallecimiento en 1900 de su hija más pequeña a consecuencia de una epidemia de tifo. Es posible que su dolor haya ocasionado los largos, desencajados e insistentes pasajes de piano y el tono intensamente sombrío e incluso irritante del violonchelo. La melancolía que emana de esa pieza sin

duda nos perturba y nos introduce a un peculiar flujo de emociones. Puedo adivinar otra situación muy diferente si escuchamos la *Sérénade mélancolique* de Pyotr Tchaikovsky (opus 26, de 1875). Creo que aquí el compositor, más que expresar su melancolía, tiene la intención de despertar suavemente esa emoción en quien escucha la serenata, en forma tal que incluso sienta el placer y el gozo de la tristeza y el abandono. Se diría que Tchaikovsky sabe manipular determinadas secuencias melódicas que por su carácter intrínseco producen melancolía en quien las escucha, sin que por ello esté comunicando el vivo sufrimiento del compositor. Una tercera experiencia musical la hallamos en el último movimiento del sexto cuarteto, opus 18, de Beethoven, que se inicia con un tenebroso adagio titulado "la Malinconia". Me parece que en esta pieza, de 1801, el compositor no quiso ni expresar su dolor ni provocarlo: su intención fue entregar una simulación de la melancolía mediante secuencias angustiosamente inconclusas alternadas con pasajes rápidos que parecen simulacros de manía.

Otro trío de obras que podrían escucharse sucesivamente como *expresión, provocación y simulación* de la melancolía son: *Melankoli* de Edvard Grieg (Piezas líricas IV para piano, opus 47, n. 5, 1885-6); *Romance oublié* de Franz Liszt (andante malinconico para violoncelo y piano, 1880); y *Melancolía* de Paul Hindemith (primera variación del ballet *Los cuatro temperamentos*, 1940). Podemos comprender que, si bien se trata de explicaciones diferentes del fenómeno musical, las formas de *expresión, provocación y simulación* de las emociones implican alguna clase de simbolismo que permite la comunicación entre compositores, intérpretes y audiencia. Para los fines de exponer mi propuesta no es necesario entrar en la discusión de las teorías causales sobre la emoción en la música. Es suficiente comprobar que, desde cualquier punto de vista, en la música encontramos un fenómeno de interpretación simbólica de las emociones y los estados de ánimo. Sin embargo, resulta imposible lograr una clasificación convencional de formas de expresión, estímulo

o simulación y, por lo tanto, de representación de las emociones. Regresemos a los ejemplos: si escuchamos con atención las piezas citadas entenderemos que ni siquiera la clasificación en tres categorías (expresión, estímulo y simulación) es adecuada, segura y estable. Si comentamos nuestras impresiones con otras personas comprobaremos que la interpretación de estas piezas es relativamente variable, y que además cambia según el día y la hora en que las escuchamos. La música no es un conjunto articulado de señales naturales que, como los olores de las plantas o los sonidos que producen los animales, implican un vínculo de determinación entre lo representado y la representación. La música se ubica en un lugar impreciso entre las señales naturales y los símbolos convencionales del habla. Por ello Laird Addis, a partir de las ideas de Langer, propone que la música representa ciertos estados de conciencia de una forma "quasi-natural", es decir, se trataría de una expresión necesaria de las emociones, determinada por las peculiaridades de nuestra especie.¹

La diferencia entre las formas simbólicas convencionales del habla y las formas no convencionales de la música tiene su correspondencia en la organización topográfica de los estímulos en el cerebro. Ello se expresa en la llamada lateralización del cerebro, es decir, en el hecho de que los estímulos verbales excitan más el hemisferio izquierdo, mientras que las expresiones musicales y ambientales afectan sobre todo el lado derecho. Se ha comprobado que incluso desde la más tierna edad existe una ventaja del oído izquierdo (que envía contralateralmente los estímulos al hemisferio derecho) en la percepción de sonidos musicales y ambientales. Esta lateralización aparece hacia los tres meses de edad.² Investigaciones recientes han mostrado que

¹ Laird Addis, *Of mind and music*, p. 36.

² T. G. Bever, "The nature of cerebral dominance in speech behavior of the child and adult". D. Kimura, "Speech lateralization in young children as determined by an auditory test". B. B. Glanville, C. T. Best y R. Levenson, "A cardiac measure of cerebral asymmetries in infant auditory perception".

hay una especialización en los hemisferios: el derecho opera con un sistema mucho más sensible a las frecuencias tonales mientras que el izquierdo alberga un sistema más rápido capaz de registrar cambios acústicos. El lado derecho, mejor capacitado para procesar la música, sería especialmente sensible al espectro tonal; en contraste, el lado izquierdo tendría una gran sensibilidad a las secuencias temporales, necesaria para distinguir los cambios rápidos en la pronunciación de muchas consonantes. Por supuesto, estos dos sistemas están estrechamente interconectados y operan en forma simultánea. Las diferencias acaso están relacionadas con el hecho de que en el hemisferio izquierdo los axones de las neuronas tienen más mielina, lo que facilita la velocidad en la transmisión de impulsos.¹

La simbología cultural tiene menos fuerza y distinto carácter en las representaciones musicales si la comparamos con las estructuras sintácticas y semánticas del habla. No quiero decir que la importancia de los símbolos sea menor en la música, sino que su presencia se expresa con mayor elasticidad y en forma más fluida. Yo creo que la música, además de representar estados internos de autoconciencia es ella misma un estado externo de la conciencia. Con esto quiero decir que esa condición “quasi-natural” que se le asigna a las secuencias y ritmos tonales de la música es, más precisamente, lo que he llamado el *carácter cerebral* de ciertas manifestaciones culturales: hay una solución de continuidad entre lo interno y lo externo. Es posible que este carácter cerebral sea especialmente notable en la música, tan importante o más que en las representaciones plásticas (la pintura, la escultura, la danza). Tiene razón Laird Addis cuando concluye que al escuchar música se nos *presentan* los humores y las emociones, y con ello son afectados nuestros sentimientos.² Se podría decir que la música es un segmento presente, vivo y fluido, de la conciencia. En

¹ Robert J. Zatorre y Pascal Belin, “Spectral and temporal processing in human auditory cortex”.

² Laird Addis, *Of mind and music*, p. 112.

este sentido, la idea de Susanne Langer es tremendamente sugestiva y estimulante: “hay ciertos aspectos de la llamada «vida interior» —física o mental— que tienen propiedades formales similares a las de la música: patrones de movimiento y descanso, de tensión y descarga, de acuerdo y desacuerdo, preparación, realización, excitación, cambio súbito, etc.”¹ Yo añadiría la repetición, un elemento estructural de la música que tiene diversas modalidades: por secciones, por variaciones, por tratamiento fugado y por desarrollo. Me parece interesante imaginar que la actividad nerviosa adopta formas semejantes al rondó, la chacona, la fuga, el motete o la sonata.

En cierto modo la idea de que hay una correspondencia o una vinculación entre la música y los procesos internos es muy antigua. Platón explica en el *Timeo* que la armonía de los sonidos contiene movimientos similares a los del alma, aunque advertía que las revoluciones propias de la música no debían aprovecharse para obtener placeres irracionales, sino sólo como un medio para ordenar toda desarmonía que pudiera surgir en las órbitas de las esferas interiores. Incluso un crítico formalista tan opuesto a la idea de que la música pueda expresar emociones como Edward Hanslick, reconoce que puede representar “propiedades dinámicas” de los sentimientos, tales como intensidades crecientes y decrecientes, lentitud, rapidez, debilidad o fuerza.² Aquí conviene aclarar que, estrictamente hablando, en la música no hay movimiento. No hay en ella nada que se desplace de un punto a otro en el espacio. Lo que hay es duración, tiempo. La sucesión de notas, unas más altas y otras más bajas, a ritmos determinados, no es propiamente un movimiento sino el símbolo o la metáfora de un movimiento: hacia “arriba” o hacia “abajo” son meras convenciones. Ciertamente, es usual describir la música asociándola a movimientos corporales, de manera que definimos ciertos pa-

¹ Susanne K. Langer, *Philosophy in a new key*, p. 228.

² Edward Hanslick, *The beautiful in music* [1854], citado por Malcolm Budd, *Music and the emotions*, p. 22.

sajes como agitados, calmados, lentos, lánguidos, débiles, tranquilos o graciosos.¹ De estas referencias dinámicas se suele pasar a describir la tristeza como una música lenta, tranquila y en tonos bajos, a pesar de que hay expresiones musicales con estas características que no suelen ser definidas como tristes y de que no podemos pensar que la gente triste habla bajo, se mueve despacio o actúa con tranquilidad.

Muchos pensadores e investigadores han llegado a la conclusión de que la música es un fenómeno cultural mucho más estrechamente conectado con el cuerpo que otras expresiones simbólicas, como las artes plásticas o la literatura. El habla misma, producida gracias a los órganos vocales, adquiere formas simbólicas codificadas mediante convenciones que se alejan de los referentes somáticos. Me interesa la vinculación de la música con el cuerpo porque ello permite situar sus componentes emocionales en los procesos cerebrales que los articulan. Para ilustrar mi idea me propongo, a modo de experimento, utilizar las tesis musicales de un gran filósofo, Schopenhauer. Para este experimento me serviré de sus reveladoras interpretaciones de la relación entre la música y la voluntad, pero eliminaré la estructura metafísica que las sustenta. Es obvio que esta operación aniquila una parte esencial de su pensamiento, pero en cambio nos permite observar algunas intuiciones que surgieron de su sensibilidad musical. Me apoyaré en algunas interpretaciones del pensamiento de Schopenhauer hechas por Malcolm Budd, que traducen las formulaciones del filósofo alemán a los términos que discuten hoy los teóricos de la música. Para Schopenhauer hay una analogía entre la secuencia temporal propia de la melodía y la conciencia humana. La conciencia conecta todas sus partes en un flujo vital unificado. La

¹ Véase en Carroll C. Pratt, *The meaning of music*, una propuesta sobre los vínculos entre los movimientos del cuerpo y la música. Sin duda la estrecha relación entre la música y la danza —otra importante expresión del exocerebro— ha contribuido a que se atribuyan movimientos a diversas secuencias tonales y a los ritmos.

melodía, por su parte, es una secuela de tonos diferentes que se conectan en un proceso que tiene un principio y un final, pasa por etapas que presuponen secciones anteriores y que apuntan hacia una continuación más o menos esperada. Lo mismo ocurre con la vida humana consciente, cuyo sentido une en una sola secuencia temporal un pasado que se conecta con un futuro esperado. Para Schopenhauer es propia de la melodía la alternancia de disonancias y reconciliaciones de dos elementos: el ritmo y la armonía. En el plano armónico la melodía se desvía de la tónica hasta que en un cierto momento es alcanzada una nota armoniosa: aquí se produce una satisfacción incompleta a partir de la cual la melodía retorna a la nota fundamental, con lo que se logra la plena satisfacción. Para que esto ocurra es necesario que los momentos armoniosos sean apoyados por el ritmo que acentúa ciertos compases. Así, en ciertos puntos los intervalos armónicos coinciden con el ritmo acentuado y en otros se separan, de manera que hay momentos de descanso y puntos de satisfacción.¹

La sucesión de consonancias y disonancias le permite a Schopenhauer establecer vínculos entre la alegría y las melodías que transitan del deseo a la satisfacción en ciclos rápidos. En cambio, la tristeza es representada por melodías lentas que usan disonancias dolorosas y que tardan muchos compases antes de retornar a la tónica. Y así, en esta línea, asimila el *allegro maestoso*, con sus largos pasajes y desviaciones, a las nobles fuerzas dirigidas a un objeto lejano que por fin es alcanzado. Un *adagio* se refiere al también noble sufrimiento que desprecia la felicidad superficial. No quiero simplemente regresar al irresoluble tema de la codificación de las emociones mediante

¹ Cuando Schopenhauer habla de música piensa en las melodiosas óperas de Rossini. El compositor italiano le parece un extraordinario modelo porque se expresa en un lenguaje musical puro que no intenta amoldarse a las palabras ni imitar la realidad. En cambio despreció la música de Haydn. ¿Se habrá dado cuenta de que, por ejemplo, en la obertura de *Guillermo Tell* escuchamos una impresionante descripción musical de una tormenta?

diferentes tipos de melodía. Lo interesante en este punto es que Schopenhauer, según la interpretación de Budd, una vez establecida la relación entre emociones y melodías, llega a la conclusión de que la música no es capaz de representar el objeto de un deseo o de un sentimiento, ni sus motivos, sino solamente aquellos elementos emocionales que tienen que ver con la voluntad: facilidad o dificultad, relajamiento y tensión, satisfacción o deseo, placer o dolor. Por ello *la música es una representación de aquello que no puede ser representado*.¹ Esta idea me parece extraordinariamente estimulante y nos ayuda a formular el problema de la relación entre un mundo cultural repleto de representaciones y un espacio cerebral que opera con procesos no representacionales. Me gusta forzar la idea schopenhaueriana de voluntad, que él veía también como una expresión de la realidad corporal, para pensarla más precisamente como una referencia a los mecanismos cerebrales íntimamente ligados a las emociones. Antonio Damasio nos explica que las emociones forman parte de la regulación homeostática que asegura la supervivencia del organismo, y se agrupan en procesos polarizados en los que oscilan sensaciones positivas y negativas, de placer o dolor, acercamiento o alejamiento, recompensa o castigo, ventaja o desventaja. Muy bien podríamos decir, inspirados en Schopenhauer, que estas oscilaciones son una expresión de la voluntad: ingredientes esenciales de emociones primarias como la alegría, la tristeza, el miedo, la cólera, la sorpresa y el disgusto.²

La música no puede representar las ideas y los motivos asociados a las emociones, sino sólo las sensaciones de placer o disgusto, de satisfacción o deseo. Acaso los procesos emocionales que implican

¹ Las ideas de Schopenhauer sobre la música están expuestas en el capítulo 52 del primer volumen de *El mundo como voluntad y representación* y en el capítulo 39 del volumen complementario. Véase Malcolm Budd, *Music and the emotions*, p. 91.

² Antonio Damasio, *The feeling of what happens*, pp. 50-55. Toma en cuenta también las emociones "sociales" secundarias, como el azoramiento, los celos, la culpa o el orgullo.

principalmente las regiones subcorticales (hipotálamo, tallo cerebral, cerebro anterior) se encuentran en una situación análoga: no pueden representar las ideas, ni pueden manejar símbolos asociados a las emociones, sino que solamente operan con respuestas químicas y eléctricas que forman patrones distintivos de reacciones y tensiones, de aceptación o rechazo, placer o disgusto. Me pregunto si la música no nos puede proporcionar claves para entender la "voluntad" que anima los circuitos neuronales asociados a las emociones. La música sería una representación simbólica de estados emocionales internos cuya estructura neuronal carece de componentes propiamente representacionales.

Acaso podamos comparar esta paradójica situación a aquel extraño experimento realizado por Goethe, que tanto le gustaba a Schopenhauer: había organizado para la representación de algunas de sus obras a unos cortesanos que sólo se sabían su papel, pero desconocían el conjunto de la pieza hasta que llegaba el día de la presentación en público. La vida, creía Schopenhauer, era una representación de este género, donde los actores desconocen el parlamento de los demás. El teatro cerebral de las emociones podrá ser algo similar: sólo cuando aparecen representados en el escenario público externo adquieren un sentido pleno. Hacia el final del capítulo 52 de *El mundo como voluntad y representación*, dedicado a la música, Schopenhauer cita una vez más su metáfora favorita: las artes, especialmente la música, son como una cámara oscura —como un teatro dentro del teatro o una escena dentro de otra escena— que permite ver los objetos con mayor pureza y abarcarlos de una sola ojeada. La ventaja de la música sobre el resto de las artes, cree Schopenhauer, es que mientras éstas reproducen sólo sombras aquélla representa esencias.

A Antonio Damasio se le ocurrió aplicar la metáfora de una partitura musical a la mente. Los flujos de imágenes, que constituyen la contrapartida interna de lo que observamos, son como diferentes partes musicales de una partitura orquestal en la mente, que representan escenas externas, objetos, sentimientos y emociones. Cree, sin

embargo, que hay una porción de la partitura interna para la cual no hay una contraparte externa precisa, y es la que entona el sentido de identidad propio de la autoconciencia. Damasio piensa en la música sólo como una metáfora de la manera en que diversas melodías y grupos de instrumentos concurren para formar un flujo interno coherente.¹ Pero no se le ocurre pensar que la música real que escuchan las personas es, además de una metáfora útil, también una prolongación externa de esos incrementos y decrementos en la emisión de sustancias químicas transmisoras de las neuronas subcorticales, y que se asocian a sensaciones de aceleración o freno y de placer o disgusto. Las alucinaciones musicales que sufren algunas personas afectadas de sordera —equivalentes a los miembros fantasma que ya he comentado— podrían indicar que, cuando se interrumpe el flujo de información acústica, los circuitos cerebrales que convierten los sonidos sencillos en patrones complejos buscan la música en la memoria y la procesan como si proviniera del exterior. A falta de los necesarios estímulos provenientes del exterior, en algunas personas los circuitos internos fabricarían su propia prótesis fantasmal.²

El propio Damasio escribe que “la tristeza activa consistentemente las regiones medias de la corteza prefrontal, el hipotálamo y el tallo cerebral, mientras que la cólera o el miedo no activan ni la corteza prefrontal ni el hipotálamo”.³ Sin duda las emociones producen “ruidos” y señales en el cerebro que apenas se han comenzado a descifrar. Por lo pronto los neurocientíficos escuchan y registran un concierto de sincronías, discordancias, frecuencias en la oscilación periódica, velocidades de los disparos neuronales, sustancias transmisoras que inhiben o estimulan y modulaciones de intensidad variable.

¹ *Ibid.*, p. 88.

² Tim D. Griffiths, “Musical hallucinosis in acquired deafness”.

³ *Ibid.*, p. 61.

La posibilidad de que la música contenga en su seno una prolongación exocerebral de procesos neuronales ligados a las emociones se puede explorar si intentamos encontrar en ella elementos cuya presencia sea indispensable para su comprensión. ¿Existen formas y sistemas de organización de los sonidos sin los cuales los oyentes dejan de entender la música? El problema se complica debido a que es difícil encontrar una forma de organización universal y que en cambio podemos demostrar que en las diversas épocas y culturas las formas de expresión musical han cambiado significativamente. Leonard Bernstein, en un intento por encontrar un equivalente musical a la gramática generativa de Chomsky, propuso a la serie armónica como la estructura universal y fundamental de la que surge el sistema tonal. La serie armónica, que ciertamente se basa en un fenómeno acústico natural, sería no sólo el origen de la música tonal europea, sino también de toda forma musical, sea culta o popular, sinfónica o folclórica, atonal, politonal o microtonal.¹ Desde luego, esta afirmación ha sido puesta en duda. Pero además, por lo que respecta al tema que nos ocupa, nada demuestra que la serie armónica se encuentre codificada en el sistema nervioso central, como observa Anthony Storr.² ¿Dónde y cómo podemos entonces buscar la conexión entre el flujo de expectativas y resoluciones, que es el fundamento de la interpretación de Schopenhauer, con los circuitos neuronales?

Me gustaría abordar el problema con un ejemplo histórico: el surgimiento y desarrollo de las formas atonales en la música europea del siglo XX. Como sabemos, Schopenhauer se basa exclusivamente en el sistema tonal. A partir del uso de la escala diatónica se establece qué sonido es disonante y cómo debe buscarse una consonancia que lo corrija. Esto determina el efecto de espera, cuando nos alejamos de la tonalidad principal, y por lo tanto el deseo de regresar al origen. El juego consiste en invitar a la previsión de un regreso a la tónica,

¹ Leonard Bernstein, *The unanswered question*, p. 33.

² Anthony Storr, *Music and the mind*, especialmente el capítulo 3.

un retorno desviado, retardado y confrontado a sorpresas satisfactorias que no llegan a romper la organización tonal.¹ Alessandro Baricco considera que la llamada “música nueva” aniquila la organización tonal: “Suspendido en el espacio sin coordenadas de la música atonal, el que escucha ya no puede elaborar previsiones. A una nota, a un grupo de acordes, le puede seguir cualquier nota. Se cae el mecanismo de espera y respuesta que gobierna el placer de la audición”. La sorpresa es un suceso que reemplaza a un hecho esperado. Pero puesto que en la música atonal hay una sorpresa continua, no puede haber previsiones y la idea misma de sorpresa se esfuma. Por eso Baricco considera que “si no se puede esperar nada, nada puede asombrar, en sentido estricto. La música atonal, así, se convierte, para el oído, en una secuencia de acontecimientos sonoros sencillamente indescifrables, mudos y extraños”.²

Así se explicaría que el público se haya alejado de la música atonal y que sólo sea apreciada por pequeñas minorías. El propio Baricco, sin embargo, reconoce una objeción: las nuevas músicas, aunque rechazan el sistema tonal, usan formas de organización alternativas en el marco de las cuales puede operar la dialéctica que contrasta presentimientos, esperanzas y esperas con réplicas, sorpresas y resoluciones. El problema radicaría, acaso, en la educación del público que ahora deberá aprender las nuevas estructuras musicales y sus reglas. Al respecto, en su libro sobre Schoenberg, Charles Rosen dice: “Una disonancia es cualquier sonido musical que es necesario corregir: es decir, que debe ir seguido de una consonancia. Una consonancia es un sonido musical que no necesita corrección,

¹ Esta descripción de las consonancias y disonancias en la música diatónica no coincide exactamente con la curiosa teoría de Schopenhauer sobre las bases físicas de la armonía: éstas consisten en que cuando dos tonos mantienen una relación “racional”, entonces son consonantes, pues hay una coincidencia en sus vibraciones. Cuando no hay coincidencia, los tonos son disonantes. Véase en Malcolm Budd (*Music and the emotions*, p. 93) un comentario al respecto.

² Alessandro Baricco, *El alma de Hegel y las vacas de Wisconsin*, pp. 51-52.

que puede funcionar como nota final, que redondea una cadencia. La clase de sonidos que son consonancias es determinada por el estilo musical predominante en un cierto momento histórico”. Explica a continuación que la definición de consonancias ha cambiado de manera radical en las diferentes épocas y culturas, y concluye que “no son ni el oído ni el sistema nervioso los que deciden qué es una disonancia”.¹

Según esta interpretación, el juego de disonancias y consonancias podría desencadenar flujos de predicciones, tardanzas y promesas entretrejidas con asombros, satisfacciones y soluciones, en el marco de cualquier sistema, aunque no sea tonal. Otro asunto es si los públicos son reacios a entender nuevas formas musicales. Por supuesto, cabe la posibilidad de que, además del público, también los circuitos neuronales de las emociones tengan dificultad para reconocer, por ejemplo, las estructuras de la música serial dodecafónica, donde ninguna de las doce notas de la escala cromática tiene prioridad. Si éste es el caso, la interiorización de las estructuras seriales sería esencialmente un problema de aprendizaje en el que no intervendría de manera importante el isomorfismo entre espacios neuronales y flujos musicales. Desde luego, no podemos hoy dar una respuesta a esta cuestión. Plantear el problema nos permite imaginar musicalmente las posibles peculiaridades exocerebrales de diferentes piezas. Por ejemplo, comparemos dos célebres piezas tristes e inquietantes para piano, una de Mozart y otra de Schoenberg. En el *andante cantabile* de la sonata K330, justo al comienzo, después del tema, Mozart en dos momentos cambia una sola nota del acorde: son disonancias que nos provocan un sobresalto, que se disuelve después en el impresionante fluir melancólico. Ahora escuchemos el *intermezzo* de la Suite opus 25, de Schoenberg, donde en un contexto de tristeza nada melodiosa recibimos constantemente los latigazos brahmsianos de un delirio adusto lleno de sobresaltos. Por lo que acabo de expresar, es

¹ Charles Rosen, *Arnold Schoenberg*, pp. 24-25.

obvio que esta pieza para piano de Schoenberg despierta mis emociones y me atrae mucho. Pero es evidente que a lo largo del siglo XX la música serial no ha logrado atraer al gran público y es previsible que, en una presentación, la Suite opus 25 atraiga inmensamente menos gente que la sonata K330 de Mozart. La pregunta es si este hecho significa un más bajo contenido exocerebral (y en consecuencia una mayor intelectualización) en la música serial, que dificulta su conexión con los procesos emocionales internos, o bien se trata del problema, esencialmente cultural, de la inserción de las músicas atonales en una sociedad que (¿todavía?) no las reconoce como propias. Me inclino a pensar que el equilibrio entre el carácter intelectual y los contenidos exocerebrales tiene relación con la capacidad de las diferentes estructuras musicales para manejar la schopenhaueriana combinación de satisfacciones y esperas—sorpresas presentidas— que nos enfrenta a la presencia emocional de un estado de autoconciencia que suena fuera de nosotros, en la sala de conciertos o en los aparatos electrónicos reproductores o transmisores. Un escaso uso de la dialéctica de esperas y respuestas posiblemente indica un bajo contenido exocerebral en determinadas expresiones musicales.

Quiero terminar abordando de nuevo un tema más amplio. He descrito texturas y circuitos en una dimensión sensorial, sentimental y emocional. Cabe aquí la inquietante pregunta, que se hacen muchos neurocientíficos: ¿cómo y por qué la música no sólo transmite señales sino que además provoca sensaciones? Se trata de una cuestión inscrita en un problema más general: ¿por qué y cómo gozamos y sufrimos de sensaciones en lugar de simplemente percibir señales que podrían activar como respuesta las funciones cerebrales necesarias? Stevan Harnad sostiene que el estudio de los correlatos neuronales de las sensaciones no nos permite explicar cómo y por qué las sentimos, y que sin esta explicación no comprenderemos jamás el misterio de la conciencia. Efectivamente, es muy probable que la comprensión del funcionamiento de los circuitos neuronales que se activan mientras escuchamos música no nos permita ex-

plicar cómo y por qué tenemos un flujo de sensaciones del que somos conscientes. Mi propuesta es que para resolver el problema de la conciencia y de las sensaciones es necesario buscar también fuera de las esferas cerebrales. A Stevan Harnad la idea de buscar explicaciones en un continuo endo y exocerebral le parece que es una fantasía que nos encierra en un salón hermenéutico de espejos.¹

Una aproximación reveladora radica en suponer que, por ejemplo, un cuarteto para cuerda de Darius Milhaud sobre la muerte *forma parte* de los circuitos de la conciencia. Cuando escuchamos este cuarteto (el número 3) sentimos profundamente una sensación de tristeza y melancolía. A Harnad le parece que simplemente he bautizado a la música como parte de la conciencia de nuestras sensaciones, pero que este desplazamiento nominal no explica cómo opera el proceso ni por qué estamos dotados de una sensibilidad en lugar de responder funcionalmente como zombis sin sentir nada.² A fin de cuentas, desde el punto de vista darwiniano de las ventajas para sobrevivir, lo mismo sirve responder “funcionalmente” que hacerlo “emocionalmente”. Para huir corriendo de un animal peligroso no es necesario sentir miedo: un conjunto de instrucciones y señales podría cumplir con eficiencia el mismo propósito de salvar la vida. Yo creo, en contraste, que extender el campo de la conciencia y de las sensaciones no es un simple asunto de nombres. En realidad, suponer que la música tiene componentes exocerebrales que forman parte de la

¹ Cito a Stevan Harnad a partir de un intercambio de cartas en el que debatimos el problema durante el mes de junio de 2005.

² El argumento de los zombis es uno de esos absurdos (a veces estimulantes) que obsesionan, como ha dicho Francisco Varela, a la filosofía cognitiva angloamericana. Véase su conversación con Susan Blackmore en el libro que ella dedica a entrevistar a diversos científicos y filósofos: *Conversations on consciousness*, p. 227. Varela comprende bien, desde su perspectiva neurofenomenológica, que la conciencia se halla al mismo tiempo inscrita o encarnada (*embodied*) en un cuerpo con capacidades sensomotoras y empotrada (*embedded*) en un contexto biológico y cultural (Francisco J. Varela, “The reenchantment of the concrete”, p. 329). Véase también su libro, escrito con otros dos autores, *The embodied mind*.

conciencia, significa que debemos considerar la música como algo más que *representaciones* de las sensaciones. La música nos ofrece también interpretaciones simbólicas de cómo y por qué sentimos.

Se podría objetar, como hace Harnad, que en un mundo de seres insensibles en el que sólo hubiera actos y elaboraciones, incluyendo los circuitos simbólicos exocerebrales, todo sería exactamente igual que en otro mundo, el nuestro, donde las sensaciones acompañan a la conciencia. Los circuitos simbólicos exocerebrales podrían funcionar con eficacia en una sociedad de zombis insensibles. Ellos escucharían música sin sentirla o gozarla, pero podrían reaccionar emitiendo toda clase de señales y ejecutando acciones (sonrisas, muecas, movimientos, bailes, comentarios) que denotasen respuestas con funciones sociales y comunicativas coherentes y comprensibles para el grupo. Por ello, cree Harnad, el hecho de que existan circuitos simbólicos no explica cómo y por qué los humanos son conscientes y tienen sensaciones. Esta objeción se apoya en la idea (falsa) de que los circuitos culturales carecen de poderes causales y explicativos, una carencia que sería propia de la conciencia y de las sensaciones. Se trata de un postulado no probado e insostenible. Los neurólogos y los psiquiatras saben, por su experiencia clínica, que existe una conexión causal entre la música y los estados cerebrales. Un buen ejemplo lo proporciona Oliver Sacks en su libro *Despertares*, donde narra el caso de una grave enferma postencefalítica (Frances D.), tratada con L-dopa, que salía de sus crisis gracias a la música: al escucharla se desbloqueaba, abandonaba sus movimientos automáticos, se movía con fluidez y facilidad, danzaba ágilmente. Sacks observó esta influencia de la música en numerosos pacientes parkinsonianos, afectados por el síndrome de Tourette y postencefalíticos; comprobó cómo los efectos reguladores de la música se reflejaban en los electroencefalogramas de enfermos: se registró el paso de señales propias del estupor y las convulsiones a registros normales mientras escuchaban o interpretaban una pieza musical. Cita el caso de una enferma que se sabía de memoria todo Chopin y a la que bastaba decirle “opus 49”

para que de inmediato cambiase su electroencefalograma; Sacks concluye que sus estudios “demuestran hasta qué punto están unidos lo fisiológico y lo existencial”, es decir, los circuitos neuronales y las redes de la vida cultural.¹

Sin embargo aquí salta una pregunta: ¿el carácter híbrido neuronal/cultural de los circuitos de la conciencia ayuda a explicar el peculiar hecho de que, además de las funciones cerebrales y la transmisión de señales, existen las sensaciones? Yo diría que este carácter híbrido ayuda a comprender las peculiaridades subjetivas de las sensaciones más complejas y, sobre todo, de las emociones. El hecho de no conocer con precisión cómo y por qué surgieron, en un momento de la evolución de los seres vivos, las sensaciones básicas de placer y dolor no nos bloquea el estudio de las expresiones más complejas de la satisfacción o el disgusto, como las que observamos en la música. Estamos ante el hecho de que aquí las emociones están estrechamente asociadas a símbolos, y podemos asegurar que estas sensaciones, desprovistas de símbolos, serían completamente diferentes. El hecho de que se sumen símbolos a las funciones sensibles es lo que hace que la conciencia sea un proceso que no se puede explicar sólo mediante la observación de los mecanismos endocerebrales. La suma de funciones somáticas y símbolos explica que la autoconciencia y las sensaciones en que se sustenta tengan un carácter causal y explicativo. Sin embargo, es claro que las explicaciones funcionales en el lenguaje de los neurobiólogos no permiten entender el misterio de la conciencia. Si suponemos que el lenguaje de la música intenta comprender el mismo misterio, nos encontramos con que tampoco nos ofrece una explicación cabal. Ante el problema de la conciencia, donde confluyen la biología y la cultura, nos damos cuenta de que carecemos de una teoría unificada que pueda explicar la extraña conexión de circuitos simbólicos con redes neuronales. No se trata solamente de un problema de “correlación” entre

¹ Oliver Sacks, *Awakenings*, “The electrical basis of awakenings”, p. 331.

sensaciones y símbolos, y de la búsqueda de un “traductor” que permita la comunicación de los sentimientos de una persona (el compositor) a otra (el escucha). Si la sensación va acompañada de un símbolo, ya no es la misma sensación “pura” o “natural” que hipotéticamente existe antes de la traducción. Si al ver el color rojo soy capaz de nombrarlo mi sensación ya no es la de un ser que carece de lenguaje. La “traducción” modifica el sentimiento, es consustancial a la sensación. En la música es más evidente: no hay una melancolía originaria y natural que sea expresada por los símbolos musicales de una sonata para piano. No hay una melancolía pura encerrada en el castillo interior cartesiano de un “siento luego existo” y que algún músico genial sería capaz de “traducir” para comunicarla al mundo externo mediante la excelencia de su arte. En las esferas musicales de la conciencia conviven símbolos y sensaciones en un mismo espacio sin necesidad de intérpretes y mediaciones.

12. LA MEMORIA ARTIFICIAL

Estamos muy acostumbrados a usar enormes bibliotecas, gigantescas bases de datos y depósitos inmensos de información a los que accedemos por Internet. Se trata, evidentemente, de memorias artificiales que funcionan como prótesis para apoyar y expandir las limitaciones de nuestra capacidad natural de almacenar información dentro de la cabeza. Las memorias artificiales, pequeñas o grandes, son el ejemplo más obvio de lo que he denominado redes exocerebrales. Estos circuitos externos de la memoria incluyen toda clase de registros (bautismales, catastrales, civiles, etc.), archivos documentales, museos, mapas, tablas, calendarios, agendas, cronologías, cementerios, monumentos, ceremonias conmemorativas y las ya mencionadas bibliotecas, bases de datos e Internet. La complejidad de estas prótesis que atesoran la memoria colectiva es avasalladora. Conviene que nos remontemos a sus humildes orígenes para buscar algunas de las claves de su funcionamiento. En épocas antiguas, aunque ya se conocía la escritura, se dependía mucho de la oratoria y de la transmisión oral de conocimientos. Los griegos todo cuanto querían decir en un discurso tenían que recordarlo, y para ello acudían a la mnemónica, un conjunto de artificios que ayudaban a ampliar las capacidades naturales de la memoria. Platón veía en la escritura una amenaza para las habilidades memoriosas del alma. En el *Fedro* se refiere al mito del descubridor de la escritura, el dios Toth, que estaba orgulloso de que la escritura volvería a los egipcios más memoriosos. Presentaba la escritura como el “remedio para la me-

moria y la sabiduría”. Cuando Toth expuso su descubrimiento a Thamos, rey de Egipto que vivía en Tebas, éste le dijo que, por el contrario, “la escritura producirá el olvido en las almas de los que la aprendieren, por descuidar la memoria, ya que confiados en lo escrito, producido por caracteres externos que no son parte de ellos mismos, descuidarán el uso de la memoria que tienen adentro. No has inventado, pues, un remedio para la memoria, sino uno para la reminiscencia”.¹ Para evitar esta falsa sabiduría se podía acudir, acaso, al arte de la memoria, la mnemotecnica, cuya invención se atribuía al poeta Simónides del siglo VI a.C. El cultivo de la memoria artificial también usaba recursos externos, pero su objetivo era fijar los recuerdos en la memoria interior en lugar de almacenarlos en textos escritos. De esta manera el orador podía dar largos discursos o recitales sin necesidad de acudir a notas escritas.

El mecanismo básico de esta memoria artificial (cuya práctica era considerada como parte de la retórica) consiste en establecer una serie ordenada de lugares (como las estancias de un edificio) y en asignar a cada una de ellas una marca o una imagen relacionada con aquello que se quiere recordar. De esta manera, al recorrer con el pensamiento las estancias, siguiendo un itinerario preciso, irán surgiendo las marcas o formas que recuerdan los temas asignados. Además del modelo visual arquitectónico, que representa una sucesión ordenada de lugares, se consideraban de gran importancia las marcas que se asignaban a cada espacio, que debían ser *imagines agentes*, según la expresión latina de un famoso tratado romano de retórica. Es decir, imágenes o marcas activas, capaces de fijarse en la memoria al dejar huellas emocionales gracias a su carácter extraordinario, grandioso, increíble, ridículo, inusual, deshonesto o bajo. Estas marcas debían mover las emociones por su singular fealdad, belleza excepcional o

¹ Fedro 274C-275B. Para un comentario sobre la exaltación platónica de la dialéctica del discurso filosófico y su superioridad con respecto al “discurso gráfico” véase Werner Jaeger, *Paideia: los ideales de la cultura griega*, pp. 996ss.

carácter sorprendente. La técnica consistía en imitar artificialmente a la naturaleza, pues se partía de que los sucesos cotidianos ordinarios se suelen olvidar, mientras que los acontecimientos extraños, nuevos o maravillosos se retienen en forma natural en la memoria.¹

No deja de ser inquietante que un tratado romano de retórica del año 85 a.C., que recoge la antigua tradición griega, contenga *in nuce* la conocida hipótesis del “marcador somático” propuesta por algunos neurobiólogos actuales.² El marcador somático es una asociación interna entre situaciones emocionales y ciertos estímulos complejos. La conexión implica una marca somática (positiva o negativa) que se agrega al recuerdo de un determinado estímulo, lo cual facilita la toma rápida de decisiones cuando posteriormente se repite el estímulo. Se supone que estas marcas forman parte de un sistema interno de preferencias alojado en la corteza prefrontal. La hipótesis del marcador somático ha sido desarrollada principalmente para explicar, en las funciones neuronales, la importancia de las emociones en el razonamiento y en la toma de decisiones. Pero es una hipótesis que tiene implicaciones más amplias, pues además de describir cómo se “etiquetan” emocionalmente ciertas experiencias que se almacenan en la memoria, propone una interpretación de la manera en que las convenciones sociales y las normas éticas se “interiorizan” bajo la forma de marcas que asignan valores positivos o negativos a las experiencias. La antigua mnemotecnica, por su parte, se proponía efectuar por medios artificiales externos marcas en la memoria interior, asociadas a emociones, con el objeto de facilitar que los recuerdos se guardasen ordenadamente y fluyesen con facilidad en el momento en que eran requeridos para expresarlos en público en discursos o parlamentos. Las *imagines agentes* son marcadores que se-

¹ *Ad Herennium*, III, xxii, citado por Frances A. Yates, *The art of memory*, pp. 25-26.

² Daniel Tranel, Antoine Bechara y Antonio R. Damasio, “Decision making and the somatic marker hypothesis”. El capítulo 8 de *Descartes' error* de Antonio R. Damasio está dedicado a esta hipótesis.

ñalan la existencia de puntos de conexión entre el medio sociocultural y el cerebro. Nos indican que hay conductos por los que fluyen señales artificiales capaces de modificar los circuitos cerebrales.

Muchas personas que gozan de memoria prodigiosa —y que compiten en concursos internacionales— utilizan todavía la antigua mnemotecnia inventada por Simónides y exaltada por Cicerón.¹ La eficacia del método proviene, me parece, de que es capaz de “traducir” las secuencias internas de señales neuronales a símbolos, y viceversa: convertir series ordenadas de símbolos en marcas neuronales que funcionan como enlaces ligados a emociones y a experiencias. ¿Cómo intentan los neurobiólogos actuales explicar este fenómeno? Suelen acudir a la propuesta de Donald Hebb, quien partió de la idea de que las conexiones entre neuronas que disparan simultáneamente se fortalecen. Teniendo en mente la teoría de los reflejos condicionados, Hebb supuso que las neuronas que se activan al escuchar una campana se conectan con neuronas cercanas que se activan cuando en el mismo momento se le ofrece al perro (con el que experimentaba Pavlov) alimento. Así se forma un circuito neuronal que “sabe” que la campana y la comida están relacionadas. Algo similar podría ocurrir en el ejemplo que da el antiguo tratado romano de retórica que he citado (*Ad Herennium*). Para que el defensor en un juicio por asesinato recuerde un punto clave de la acusación, propone imaginar unos *testículos* de cordero: ello trae a la memoria, por similitud fonética, que hubo unos *testigos* que presenciaron el crimen. Esta imagen es parte de una secuencia ordenada, en la que aparecen otros símbolos: una copa (veneno) y unas tablillas (testamento, que indica el motivo del crimen). Podemos suponer que las neuronas que se activan cuando se contemplan unos testículos se ligan a otras que disparan cuando se sabe que en la escena del crimen hubo testigos. Entre las neuronas “testimoniales” y las “testiculares” se forma un enlace permanente o, al menos, de larga duración. Ello se explica porque

¹ Véase el reportaje de Michael Spang y otros, “Your own hall of memories”.

la activación simultánea de las neuronas provoca que las sinapsis que las unen se potencien.

El problema consiste en que las enzimas y las proteínas que fortalecen o debilitan las sinapsis deben ser sintetizadas a partir de genes específicos. Pero ¿cuáles son las señales que activan a estos genes? La explicación de Douglas Fields, a partir de experimentos en su laboratorio, es que los fuertes estímulos provenientes de disparos simultáneos de varias sinapsis (o de una sola activándose repetidamente) despolarizan la membrana de una célula nerviosa. El potencial de acción de estos disparos hace que los canales de calcio, sensibles al voltaje, se abran. Entonces los iones de calcio interactúan con las enzimas y proteínas, que activan un factor de transcripción (CREB), el cual a su vez activa a los genes que fabrican las proteínas que provocan el fortalecimiento de las conexiones sinápticas. Esto quiere decir que el núcleo de la neurona escucha directamente los disparos de la célula y al hacerlo determina cuándo hay que fortalecer permanentemente la sinapsis para que la memoria sea durable.¹

El antiguo autor de *Ad Herennium* explicaba que con el método para fijar datos en la memoria “el arte complementará a la naturaleza”. Es decir, que ciertos mecanismos culturales se convierten en suplementos o prótesis de las redes cerebrales. El proceso mnemotécnico comienza por asociar palabras, cosas o ideas a dos tipos de imágenes visuales, ya que se consideraba, como dijo Cicerón, que “el sentido de la vista es el sentido más agudo”.² La primera imagen es un *locus* preciso ubicado en una construcción arquitectónica. La segunda imagen es una marca: la figura de una persona, una máscara, un dios, un héroe o un objeto que produzcan un impacto emocional. Si continuamos la secuencia en términos modernos, diríamos que los temas, los *loci* y las marcas activan tres conjuntos diferentes de neuronas que inician disparos sincronizados hasta lograr que las sinapsis que conectan a los tres grupos se fortalezcan de manera per-

¹ Fields, R. Douglas, “Making memories stick”.

² *De oratore*, II, lxxxvi, 351-354, citado por Yates, *The art of memory*, p. 19.

manente. Aunque estamos todavía muy lejos de poder descifrar las señales eléctricas y químicas que generan redes neuronales interconectadas para fijar la memoria, podemos comprender que la mnemotecnia haya tenido un impacto tan profundo y duradero en la cultura occidental. El arte de la memoria era un sistema que comunicaba el mundo cultural con el microcosmos interior. Y no sólo abría un canal de comunicación: permitía que con los artificios de la cultura se manipulasen las esferas del alma. Por supuesto, esta intrusión forzada de los poderes de la imaginación en las elevadas partes racionales del alma fue un reto para la escolástica cristiana. Alberto Magno y Tomás de Aquino, con la ayuda de la filosofía aristotélica, lograron justificar la manipulación de imágenes propia de la memoria artificial. La imaginaria mediadora con fuertes impactos emocionales (las *imagines agentes*) fue sustituida por “similitudes corporales”, lo que fue legitimado por el hecho de que la cognición humana es más poderosa ante las cosas sensibles. Ello ayudaba a que temas muy sutiles y espirituales fueran mejor recordados en el alma como formas corporales. Frances Yates ha dedicado un maravilloso libro a la historia de la memoria artificial, y ha descrito cómo este antiguo arte desembocó en el pensamiento renacentista. Me parece que la lectura del libro de Yates muestra que la exaltación del arte de la memoria fue, entre otras cosas, una búsqueda de aparatos traductores: de artificios para transformar ideas en señales capaces de sumergirse en el micromundo interior de la memoria y reorganizar los poderes del alma.

El análisis del pensamiento de Giordano Bruno es uno de los pasajes más fascinantes del trabajo de Yates. Es un ejemplo magnífico de la obsesión por entender y perfeccionar el arte de la memoria como aparato mediador y traductor. No debe extrañarnos que Bruno use, en esta tarea de desciframiento y manipulación de símbolos, metáforas y señales, algunos de los recursos que su cultura le ofrecía: la cabalística, la hermética, la magia y la astrología. Utilizó como marcadores las imágenes de las estrellas y los planetas, las pensó como

“agentes superiores” y las colocó en el centro de un sistema de círculos concéntricos (cada uno con 150 imágenes) concebido como una extraña combinatoria mediadora que conecta las esferas celestes con las ruedas internas de la memoria. Las imágenes de las estrellas se enlazan, en el siguiente círculo, con símbolos de vegetales, animales, piedras, metales y otros objetos varios. El siguiente círculo consiste en una variada lista compuesta solamente de adjetivos, todos escritos en acusativo. Los siguientes círculos se componen de una lista de inventos (agricultura, cirugía, flauta, esfera, etc.) junto con sus correspondientes inventores (Osiris, Quirón, Marsias, Atlas, etc.). Frances Yates descubrió que las series de imágenes de Bruno forman parte de un sistema de círculos combinatorios como el que creó Ramon Llull. Giordano Bruno construyó un mecanismo mediador que, al manipular las imágenes de las estrellas (que son en realidad “sombras de ideas”), permitía imprimir en la memoria, por medio de las ruedas concéntricas, las imágenes adecuadas de los “agentes superiores”.¹ Como señala Yates, las concepciones renacentistas de un cosmos animado, como la de Bruno, abrieron el camino a la idea moderna de un universo mecánico basado en procesos matemáticos, como el que exploró Leibniz. Pero a Bruno le interesaba menos el mundo externo que la mecánica interior y el funcionamiento de las ruedas de la memoria.

Si se quiere tener una idea concreta y viva de lo que significa esta maquinaria mnemónica, basta con leer el hermoso libro del gran psicólogo A. R. Luria sobre el caso de un hombre que, gracias a una acentuada sinestesia, tenía una memoria absolutamente excepcional.² Esta persona asociaba imágenes visuales, sabores, colores, tonos, números y palabras de manera espontánea, lo que le permitía construir

¹ Frances A. Yates, *The art of memory*, p. 213.

² Alexandr Románovich Luria, *La mente de un mnemónico. Un pequeño libro sobre una gran memoria*, publicado originalmente por la Universidad de Moscú en 1968. Véase también de Luria su *Neuropsicología de la memoria*.

mentalmente espacios, lugares e itinerarios que se relacionaban con las secuencias de los textos y series de palabras o números que deseaba memorizar. Pero no se trata aquí de una memoria artificial: esta persona aprovechaba su condición sinestésica “natural” —la anomalía con que había nacido— para realizar en su conciencia las conexiones y las traducciones propias de la mnemotecnia. La sinestesia le provocaba una especie de porosidad entre circuitos cerebrales diferentes, de manera que las imágenes, los sabores, las palabras y los sonidos se filtraban y generaban asociaciones estables y duraderas. Una dimensión trágica de este extraordinario memorista descrito por Luria radicaba en que la membrana que lo separaba de la realidad externa también tenía filtraciones, de manera que con frecuencia le costaba trabajo distinguir entre los flujos reales y los mnemónicos.

Esta pequeña digresión sobre la memoria artificial ha servido para recordar y señalar la importancia de la peculiar ligazón entre marcas internas y externas. El funcionamiento de la memoria, sin intromisiones artificiosas, es sin duda un flujo permanente de sensaciones que el sistema nervioso registra y marca sin parar, aunque la mayor parte de las marcas tiene un carácter efímero. Estas marcas pasajeras, asociadas a la memoria de corto plazo, no crean nuevas sinapsis sino que solamente fortalecen conexiones ya existentes. La memoria corta mantiene los recuerdos durante segundos o minutos, a lo sumo unas horas.¹ Podemos evocar lo que significa esta memoria con el trágico ejemplo de las personas accidentadas que han perdido la memoria de largo plazo (que retiene recuerdos durante días, semanas y años). Damasio relata el caso de uno de sus pacientes, que sufre una amnesia extrema, cuya memoria está limitada a un pequeño hueco temporal de menos de un minuto: pasado este lapso olvida totalmente lo que ha presenciado y oído.² Esta persona recuerda muy

¹ Kelsey C. Martin, Dusan Bartsch, Craig H. Bailey y Eric R. Kandel, “Molecular mechanisms underlying learning-related long lasting synaptic plasticity”.

² Antonio Damasio, *The feeling of what happens*, pp. 113ss.

pocas cosas de su vida; aunque reconoce su nombre y los de su familia, no identifica sus voces ni su aspecto. Es capaz de conversar, respetar algunas reglas de cortesía y caminar por la calle. Su amnesia fue provocada por una severa encefalitis que dañó extensamente ambas regiones temporales (incluyendo el hipocampo y la amígdala). Aunque esta persona sólo vive en un presente que chisporrotea en su cerebro durante unos segundos antes de desaparecer, Damasio dice que tiene lo que llama una conciencia nuclear; es decir, se percata de la realidad externa. Pero carece de conciencia extendida, que implica una autoconciencia y, desde luego, una memoria de largo alcance. De ello deduce que las regiones cerebrales dañadas, que incluyen el hipocampo y partes de las zonas temporales, no son necesarias para la conciencia nuclear. La autoconciencia, por su parte, requiere que el masivo flujo de sensaciones sea filtrado para que una parte se “archive” en la memoria de largo plazo.

Y aquí es donde comienzan los problemas de interpretación más espinosos. Si las imágenes archivadas en la memoria han de ser utilizadas conscientemente, ¿cómo se sabe en qué parte del cerebro buscarlas? Si suponemos que están marcadas o etiquetadas, nos topamos con la maldición cartesiana: alguien o algo —un homúnculo— debe ser capaz de leer las marcas o etiquetas y extraer el contenido de cada archivo cerebral. Pero nos precipitamos al abismo de una regresión interminable, pues el homúnculo o el agente buscador debe a su vez contar con una memoria que archive los códigos necesarios para reconocer y descifrar marcas y etiquetas. Si un conjunto de neuronas unidas por sinapsis potenciadas durante el proceso de recepción alberga una imagen, es posible que haya alguna marca química que la etiquete (y la asocie con otras imágenes o emociones). Pero entonces debe existir un sistema neuronal que archive los datos y las claves de estas marcas. Y, a su vez, este sistema debe contener marcas que permitan su reconocimiento, marcas o etiquetas que a su vez deben guardarse en otro conjunto. Y así sucesivamente, hasta el infinito. Además, todavía no se sabe cómo están guardados los re-

cuerdos que se archivan y que, desde luego, no son como las imágenes fotográficas y los registros fonográficos de una película realista. Nuestro homúnculo no sólo debe ser capaz de reconocer las etiquetas y las marcas, sino también descifrar los códigos en que se encuentran encriptados los recuerdos. La neurobiología todavía no ha encontrado las claves que expliquen la forma en que se preserva la memoria, ni ha logrado dar una respuesta al problema de la regresión infinita que implica la propuesta de los marcadores o las etiquetas en los circuitos cerebrales.¹

Un brillante estudio de las metáforas que históricamente han sido usadas para definir la memoria, escrito por Douwe Draaisma, ha mostrado que ninguna de ellas —de la platónica tableta de cera a las computadoras— ha logrado escapar de la maldición del homúnculo cartesiano. Tanto la tableta de cera como su forma moderna, el disco fonográfico, mantienen sin resolver la paradoja: ambos requieren de un agente que recuerde qué es lo que está impreso allí y cómo encontrarlo. Una computadora dotada de mecanismos y programas neuro-ópticos de exploración puede reconocer patrones visuales al compararlos automáticamente con su propia memoria, sin necesidad de un agente adicional que recuerde dónde están guardadas las imágenes. Sin embargo, en la construcción de la memoria de la máquina ha habido agentes humanos externos que han asignado umbrales y límites que permitan al aparato, por ejemplo, intentar distinguir (casi siempre sin éxito) un poste telefónico de un árbol. La computadora no es capaz de reconocer significados. Cuando una

¹ La investigación de los códigos neuronales que corresponden a estímulos sensoriales es muy compleja, pues las tareas cognitivas abarcan diversas regiones de la corteza. Un estudio de los procesos de discriminación de diferentes estímulos como base de la toma de decisiones, realizado en monos, indica que la codificación neuronal del número de disparos es más importante que la regularidad de los intervalos de tiempo entre cada disparo. Este estudio presenta un buen balance de los adelantos y de los obstáculos en el estudio de la codificación neuronal; véase Ranulfo Romo, Adrián Hernández y Emilio Salinas, "Neurobiología de la toma de decisiones".

computadora reconoce alguna representación, lo logra debido a que desde el exterior se han atribuido significados.¹

Ahora quiero preguntarme: ¿la hipótesis del exocerebro nos ayuda a romper el círculo vicioso de la regresión infinita? Aparentemente todas las explicaciones y metáforas de la memoria requieren de un *otro* (homúnculo o agente) que descifre las marcas neuronales. El problema es que, hasta donde se sabe, dentro del cerebro no hay nadie ni nada que pueda realizar esta función. En cambio, fuera del cerebro hay una multitud de *otros*, homúnculos y agentes, capaces de ayudar en estas tareas de reconocimiento. Me refiero, por supuesto, a las redes exocerebrales que se extienden por la sociedad y que incluyen los inmensos recursos de las memorias artificiales. Esta interpretación implica, desde luego, que los procesos que permiten recordar información archivada en la memoria cerebral sólo pueden funcionar plenamente si se utilizan los circuitos culturales externos. En estos circuitos exteriores hay un sistema de marcas, señales, símbolos y referencias que guían la actividad neuronal en la localización de datos en la memoria interna. Este exocerebro mnemónico, que es mucho más que un depósito de datos, está formado por una densa red de conexiones sociales que, mediante toda clase de estímulos, renueva en un flujo permanente los recuerdos. El proceso de recordar la imagen de una persona amiga, por ejemplo, no es solamente un trabajo de introspección solitaria. Siempre hay marcas, señales o estímulos sociales y culturales que desencadenan y apoyan la recuperación de memorias. Y no me refiero solamente a la obvia relación entre el acceso al recuerdo y la fotografía o la mención del nombre de la persona, sino a una multitud de elementos del contorno cotidiano que propician la recuperación de memorias, sin que sea evidente su relación con ellas. Estas memorias, vinculadas a la imagen del amigo, son parte de un flujo masivo permanente y rápido de señales externas en el cual hay una importante dimensión contingente: hay siem-

¹ Douwe Draaisma, *Metaphors of memory. A history of ideas about the mind*, p. 227.

pre una azarosa combinatoria de estímulos y sensaciones que asegura que los recuerdos no sean siempre iguales y que a su vez modifica los archivos de la memoria. Un gran número de objetos, rostros, sonidos, palabras, diálogos, colores y signos en los espacios que nos rodean (el hogar, la calle, las oficinas, el paisaje) forman una indispensable red de símbolos sin los cuales difícilmente podríamos usar extensa y eficientemente los recursos de la memoria neuronal para recuperar las imágenes de nuestro amigo.

Esta fina red de marcas y referencias mnemónicas pasa relativamente inadvertida. No es tan evidente como las bibliotecas de barrio, los álbumes de fotografías o los arcones de recuerdos familiares. Esas sutiles texturas que nos envuelven no son tan espectaculares y coherentes como las imponentes memorias artificiales que guardan la historia de una civilización, pero sin ellas los circuitos cerebrales se secarían y los recuerdos tenderían a desunirse y a adoptar extrañas formas. Podemos imaginar lo que puede ser el paisaje mental de una memoria desprovista de las sutiles redes exocerebrales cotidianas si evocamos lo que ocurre en los sueños, cuando se apaga la conciencia y nos desconectamos de la realidad circundante. Los recuerdos, las imágenes y las emociones que emanan de la memoria interior se agrupan en flujos oníricos que no son guiados por las marcas del exocerebro. No son flujos caóticos y desordenados, pero siguen los cauces de una lógica extraña dominada por un exocerebro fantasmal que sustituye al tejido simbólico exterior que, cuando estamos despiertos, contribuyen a dar forma a la conciencia.

Se suele distinguir dos clases de memoria, la explícita y la implícita. La primera es una memoria de largo plazo que podría equipararse a las memorias artificiales organizadas para operar coherente y permanentemente (archivos, bibliotecas). Las memorias neuronales implícitas son aquellas que de manera relativamente inconsciente acumulan hábitos, habilidades, representaciones, condicionamientos o mecanismos de repetición que han sido aprendidos y que pueden activarse en forma "automática" y "rígida". Puede re-

sultar interesante plantear la hipótesis de que los mecanismos neuronales de la memoria explícita están más estrechamente ligados al exocerebro, mientras que las memorias implícitas (llamadas también no declarativas) pueden funcionar con mayor independencia usando las sensaciones aferentes como moduladoras de un proceso aprendido que funciona de manera inflexible y que no requiere de la conciencia (como cuando conducimos un automóvil). Diversas investigaciones indican que estas dos formas de memoria tienen como base procesos neuronales de recuperación distintos y ubicados en zonas diferentes del cerebro. La memoria explícita está abierta a acontecimientos nuevos y a esfuerzos intencionales o conscientes de recuperar memorias. Su base neuronal depende de estructuras ubicadas en la parte media del lóbulo temporal, incluyendo el hipocampo y núcleos diencefálicos.¹ Como quiera que funcionen los mecanismos neuronales de la memoria, parece que algunos procesos de recuperación de recuerdos están más ligados que otros a signos, marcas y sensaciones externas.

A muchos neurobiólogos les inquieta e incluso les molesta el dualismo que parece estar implicado en la interpretación de la memoria como un sistema cerebral que necesita recurrir a circuitos externos para funcionar normalmente. Sin embargo, las interpretaciones estrictamente monistas que sostienen que la conciencia (o la mente) está constituida únicamente por procesos cerebrales, no han logrado una explicación satisfactoria. De allí que el dualismo parezca ser una alternativa ineludible. Una de sus expresiones científicas ha sido la propuesta de que la conciencia está formada por programas (*software*) que operan en el cerebro, el cual sería el equivalente de la máquina (*hardware*). En esta línea, la memoria, como parte esencial de la conciencia, sería *información*, en el sentido que le daba Norbert Wiener, depositada en las redes neuronales (que se basan en proce-

¹ Larry R. Squire y Barbara J. Knowlton, "The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory systems in the brain".

sos explicables en términos de materia y energía). Ello no sería un abandono del materialismo, ya que según la famosa expresión de Wiener la primacía de la información sobre la materia y la energía es un principio sin el cual ningún materialismo puede sobrevivir hoy.¹ Quiero citar una curiosa y atrevida teoría que ha surgido a partir de este materialismo dualista. Rupert Sheldrake, un bioquímico británico, considera que los circuitos cerebrales pueden sintonizarse o asociarse con lo que llama “campos mórficos”, que son una especie de memorias naturales colectivas; a semejanza de los campos electromagnéticos o gravitacionales, se trata de regiones no materiales de influencia localizadas en el interior y en los alrededores de los sistemas que organizan.² La hipótesis de Sheldrake es una escapatoria del círculo vicioso en la medida en que acude a conexiones extrasomáticas, pues supone que partes del cerebro se asocian a campos mórficos que modelan la actividad mnemónica de los humanos. Ello le permite explicar los misteriosos fenómenos de telepatía, percepciones extrasensoriales o recuerdos de otras vidas anteriores, que serían según Sheldrake maneras de sintonizar con campos mórficos inmateliales que permiten comunicarse mediante resonancias con personas alejadas o que ya han muerto.³ He puesto el ejemplo de esta hipótesis, a pesar de que parece un tanto esotérica, porque me parece sintomática de la necesidad que muchos científicos sienten de saltar las barreras somáticas de la conciencia y la mente. Si sustituimos los campos mórficos por redes culturales simbólicas creo que encon-

¹ Norbert Wiener, *Cybernetics*, p. 132.

² Rupert Sheldrake, *The presence of the past. Morphic resonance and the habits of nature*, p. xvii.

³ *Ibid.*, pp. 220ss. Las explicaciones de Sheldrake son más interesantes y estimulantes de lo que pudiera parecer; han provocado controversias ásperas y han sido acusadas de introducir elementos mágicos en la ciencia. A mí se me escapa la posibilidad de emitir un juicio científico sobre su propuesta, pero puedo ver que en el ámbito de la cultura humana mi hipótesis sobre el exocerebro explica mejor las cosas que la idea de unos campos mórficos de influencia y resonancia.

traremos salidas, tal vez más modestas pero más realistas, al problema de la relación entre la conciencia y el cerebro, entre la memoria y las funciones neuronales. La hipótesis de Sheldrake parece responder a aquellos que creen que la fuerza causal de la conciencia (y de la cultura) sólo sería explicable si existiese un quinto campo de fuerzas en el universo, que se agregaría a los cuatro ya conocidos (gravitacional, electromagnético y los dos campos de partículas subatómicas que se asocian a las interacciones débil y fuerte).¹ Yo prefiero, más que buscar explicaciones cósmicas, la investigación científica precisa de las relaciones entre el campo de los circuitos cerebrales y el espacio de las redes simbólicas que rodea a las personas.

No creo que la propuesta de que existen redes simbólicas externas sea una escapatoria hacia una explicación dualista. En realidad esta idea contribuye al abandono del viejo dualismo natura/cultura que tanto ha dificultado el estudio de la conciencia. Se trata, creo, de extraer nuevos paradigmas de los hechos que la investigación nos revela. Veamos un ejemplo. La presencia de circuitos externos que completan a las funciones cerebrales puede observarse en los procesos simbólicos que permiten la conexión entre los hemisferios cerebrales. El estudio de las conexiones interhemisféricas arroja indicios significativos relacionados con la memoria y los marcadores (somáticos y simbólicos). Estas conexiones están formadas por el cuerpo calloso y la comisura anterior, una masa de 200 millones de axones que unen las neuronas de los dos lados del cerebro. En vista de que está comprobada la existencia de procesos cognitivos muy diferentes en cada hemisferio, algunos científicos creen que la conciencia puede dividirse en dos. El ejemplo clásico de esta disección es el de las personas que han sido sometidas a una cirugía que destruye las conexiones entre los dos hemisferios. Esta operación se realiza en casos

¹ Es lo que le exige Stevan Harnad (<http://eprints.ecs.soton.ac.uk/11007/>) a John Searle, si quiere resolver el problema de la relación mente/cerebro: que las sensaciones, base de la conciencia, sean una quinta fuerza causal independiente en el universo.

extremos de epilepsia, que no pueden ser controlados de otra forma, y consiste en cortar el cuerpo caloso para evitar que la actividad eléctrica anormal se propague de un hemisferio a otro, provocando convulsiones generalizadas.

Lo primero que se observa en estos enfermos, una vez que se recuperan de la cirugía, es que –sorprendentemente– se comportan igual que antes de la operación, hablan e interactúan con normalidad y gozan plenamente de sus sentidos. Sin embargo, las cuidadosas investigaciones de Roger Sperry, junto con sus colaboradores y discípulos, demostraron que esta normalidad parece esconder la presencia de dos mentes que actúan independientemente. En diversos experimentos que separaron la información transmitida a cada hemisferio, confirmaron que en la mayor parte de los casos la habilidad verbal provenía del lado izquierdo y que el otro lado no tenía acceso a los mecanismos lingüísticos. Se concluyó que el hemisferio izquierdo, dominante, es el encargado de interpretar las acciones y la conducta por medio del habla. Las sensaciones recibidas por el ojo o la mano derechos (y que llegan al hemisferio izquierdo) podían ser nombradas por el paciente operado. En cambio, no podían nombrar (afirmaron no percibir nada) objetos mostrados sólo al hemisferio derecho. Sin embargo, podían señalar en forma no verbal lo que se les había mostrado en el lado izquierdo y que por lo tanto sólo había captado el hemisferio derecho: lograban apuntar correctamente con la mano izquierda al objeto que verbalmente negaban haber visto o tocado. Sperry, que recibió el premio Nobel por sus descubrimientos, describió así la situación: “Cada hemisferio parece tener sus propias sensaciones privadas, sus propias percepciones, sus propios conceptos y sus propios impulsos para actuar en respuesta a experiencias volitivas, cognitivas y de aprendizaje. A consecuencia de la cirugía cada hemisferio también tiene después su propia cadena de memorias, que se ha vuelto inaccesible para los procesos recordativos del otro”¹

¹ Roger W. Sperry, “Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness”, p. 724.

Éste es sólo un lado de la moneda: la separación quirúrgica revela la existencia de procesos muy diferentes en cada hemisferio. Pero por otro lado estamos ante el hecho extraordinario de la normalidad con que estas personas pueden vivir y comportarse en la vida cotidiana, sin presentar señales de una conciencia o una identidad escindidas. ¿Cómo entender esta paradoja? La explicación que surge es reveladora: los hemisferios cerebrales tienen dos canales para comunicarse entre sí, uno interno y otro externo. En estos enfermos el primer canal, el cuerpo caloso, ha sido seccionado. Pero el segundo canal, que son las redes exocerebrales, sigue funcionando y evita que estas personas choquen con objetos ubicados en la mitad izquierda de su campo visual, dejen de percibir y entender las relaciones sociales, se pierdan o se desorienten al recibir información acústica o visual. El exocerebro establece una comunicación entre los hemisferios que permite la conducta normal y asegura la unidad de su conciencia.¹ Pero no todo es normal en estas personas. Además de que en ocasiones una mano hace lo contrario que la otra (una abrocha botones de la blusa, la otra los desabrocha), se han reportado significativas deficiencias en la memoria. Este declive en las funciones memorativas, se ha sugerido, podría tener relación con las dificultades de comunicación y enlace.² Es decir, los marcadores mnemónicos del espacio exocerebral no logran establecer puentes adecuados con los marcadores somáticos internos, los cuales requieren en muchos casos,

¹ Hay quienes, a partir del caso de los cerebros divididos, saltan a la conclusión de que el yo unificado es una ilusión. Puesto que el hemisferio izquierdo elabora una explicación coherente pero falsa sin que se entere el hemisferio opuesto, suponen que no es probable que la conciencia resida en una parte del cerebro tan propensa a elaborar ficciones y narrativas (verbales) que no necesariamente son verdaderas (Antonio Damasio, *The feeling of what happens*, p. 187). Pero la conciencia es precisamente la afirmación de una verdad, altamente simbólica y construida, que no es el reflejo “objetivo” de una realidad física.

² Kathleen Baynes y Michael S. Gazzaniga, “Consciousness, introspection, and the split-brain: the two minds/one body problem”, p. 1358.

para fijarse, del concurso combinado de distintos circuitos (emocionales, verbales, de imágenes o auditivos) que se hallan en hemisferios opuestos.

La idea de que el exocerebro es un puente entre hemisferios cerebrales no implica una interpretación dualista. Este puente es parte de un proceso neurocultural continuo cuyas características y mecanismos es necesario estudiar. No se trata de redes exteriores informáticas enchufadas al *hardware* del cableado nervioso. La información circula a lo largo de todo el continuo neurocultural y tanto dentro como fuera del cerebro hay un *hardware* material que consume energía. El hecho de que se trate de un circuito continuo no quiere decir que sea homogéneo: obviamente hay importantes diferencias en los procesos que alberga, que es necesario distinguir pero sin reducirlos a una dualidad esquemática con un poder explicativo muy limitado.

13. EL ALMA PERDIDA

Muchísima gente, especialmente si tiene inclinaciones religiosas, se resiste a creer que sus afectos y sentimientos son una mera propiedad del sistema nervioso. Tiene dificultad para aceptar que la conciencia es una peculiaridad biológica del cerebro, de la misma manera en que la digestión es una característica biológica del tracto digestivo, para usar la expresión del filósofo John Searle.¹ Aun a personas no religiosas les cuesta trabajo aceptar que la conciencia es el conjunto de procesos orgánicos propios de una masa encefálica perecedera. Uno de los problemas principales radica, por supuesto, en que la afirmación de que no hay conciencia fuera del cerebro equivale a aceptar que no hay nada después de la muerte.

Hay que reconocer que la gente tiene razón cuando intuye que los procesos biológicos, por sí solos, no explican la conciencia. Sin embargo, acudir a la creencia religiosa en un alma inmortal como explicación de la conciencia no resuelve el problema, sino que escapa de él. Acaso permita aplacar la melancolía que nace de pensar que la identidad que se vive en el presente carece de un futuro una vez que se pierde la vida. Pero la intuición de que debe haber procesos o dimensiones fuera del cerebro que ayudan a explicar el fenómeno de la conciencia no debe descartarse como una visión metafísica carente de rigor científico, como he explicado a lo largo de este libro. He buscado resortes exocerebrales en el mundo cultu-

¹ John R. Searle, *Mind: a brief introduction*, pp. 115-116.

ral y social que ayudan a entender el problema de la conciencia. Quiero ahora referirme a una propuesta que, sin ser religiosa, defiende la idea de que entre el mundo físico y el sociocultural existe el mundo inmaterial de los estados mentales, conscientes e inconscientes, que Platón hubiese definido como "afectos del alma". Ésta es la interpretación defendida por el filósofo Karl Popper y el neurobiólogo John Eccles en un libro que fue muy discutido hace algunos años y que todavía sigue despertando inquietudes.¹ En este libro Popper defiende una idea triádica, más que dualista, ya que insiste en definir un mundo intermedio entre los estados físicos del cerebro (mundo 1) y la esfera del lenguaje y de los productos sociales o culturales del pensamiento (mundo 3). Este mundo intermedio es el de la conciencia del yo y de la muerte, que tiene como base la sensibilidad propia de la conciencia animal (mundo 2). A diferencia de su amigo Eccles, Popper no cree que el segundo mundo subjetivo sobreviva más allá de la muerte del individuo. Muy pocos científicos están hoy de acuerdo con las ideas de Eccles y Popper, pues ciertamente no parece necesario ni útil insistir en las viejas ideas cartesianas que separan el mundo subjetivo de sus bases orgánicas. Popper introduce de manera forzada el segundo mundo de la sensibilidad y la conciencia, como una especie de alma mortal, pero no logra demostrar no sea en realidad más que una configuración del mundo cultural basada en el cerebro. Es interesante observar, sin embargo, que Popper reconoce que nuestras personalidades e identidades "están ancladas en los tres mundos, especialmente en el mundo 3". Y agrega: "Yo sugiero que la conciencia del yo comienza a desarrollarse por medio de otras personas: tal como aprendemos a mirarnos en un espejo, así el niño se vuelve consciente de sí mismo al sentir su reflejo en el espejo de la conciencia que de él tienen los otros".² En este punto Popper confiesa en una nota a pie de página que un

¹ Karl R. Popper y John C. Eccles, *The self and its brain*.

² *Ibid.*, pp. 108 y 110.

amigo le hizo ver que el gran economista inglés Adam Smith ya había dicho que la sociedad es un espejo que le permite al individuo percatarse de su carácter y de la conveniencia o demérito de sus propios sentimientos.¹ El lector recordará que inicié este libro aludiendo a una definición similar pero anterior de John Locke.

Las hipótesis de Eccles y Popper, rechazadas hoy por la mayoría de los científicos, contribuyeron a paralizar el interés por las conexiones e interacciones del cerebro con su contorno, pues se temía que podía abrir la puerta al dualismo. Al oponerse (con razón) a la idea de un segundo mundo (el alma, la psique), los neurobiólogos también rehusaron investigar las funciones de lo que Popper llamó el mundo 3, y que contiene el exocerebro sobre el que he estado reflexionando. El propio Eccles se olvidó de esta dimensión para aferrarse a un dualismo que intentó tercamente demostrar la existencia un mundo mental subjetivo definido por unos "psicones" que supuestamente modifican la actividad cerebral de manera análoga a los campos de probabilidad de la mecánica cuántica.²

He citado las ideas de Popper y Eccles porque de una manera muy evidente, casi gráfica, son un ejemplo de los obstáculos a los que se enfrenta la búsqueda de las conexiones exocerebrales de la conciencia. Si cada vez que investigamos el contorno cultural del cerebro se nos aparece el espectro de una dimensión intermedia de carácter más o menos metafísico, acaso nos tendríamos que prohibir cualquier búsqueda de ese tipo, a menos que aceptemos la inevitabilidad de dicha dimensión anímica, aunque reconozcamos que es imposible

¹ Adam Smith, *The theory of moral sentiments* [1759], sección 2 de la parte 3 (o capítulo 1 de la parte 3 en la sexta y subsiguientes ediciones). El capítulo se titula "On the principle of self-approbation and self-disapprobation".

² John C. Eccles, *How the self controls its brain*, pp. 81-88. Eccles supone la existencia de un conjunto de eventos mentales elementales que llama "psychons", que se ligan a estructuras anatómicas fijas; quiere calcular la influencia de los psicones mediante el principio de incertidumbre de Heisenberg. Todo esto parece un intento poco interesante de probar científicamente la existencia del alma.

entenderla desde una perspectiva científica. En realidad, el postulado de que existe una peculiar dimensión mental subjetiva separada de las realidades biológicas y culturales es un muro que nos bloquea la investigación y que nos vuelve ciegos. Es como si, supongamos, ante los ojos de un lector que leyese *Madame Bovary* surgiese un espeso enjambre de espíritus, psiques, memes, transformadores fenoménicos, psicones, traductores, intérpretes, epifenómenos o ánimas que se erigiesen como la encarnación de un ego que —con ayuda del cerebro— estuviese percibiendo las melancolías eróticas de Emma, el gran personaje creado por Flaubert. Yo creo que, en realidad, no hay nada entre el cerebro del lector y las páginas de la novela. La conciencia se halla, simultáneamente, en el cerebro y en el libro, y no en una dimensión metafísica. Lo mismo sucede cuando el mismo lector de Flaubert decide escuchar a Prokofiev, contemplar un grabado de Klimt o conversar con un amigo: no hay una sustancia mediadora entre el individuo y lo que escucha o contempla. La existencia de redes neuroculturales no obliga a creer que hay un espacio anímico distinto de las texturas nerviosas y las estructuras sociales. El exocerebro no es algo que está ubicado entre las neuronas y la cultura, sino que es el segmento ambiental estructurado que continúa ciertas funciones cerebrales por otros medios.

Podría creerse que el exocerebro es otro nombre para lo que hace más de veinte años Michael Gazzaniga definió como el “cerebro social”. No es así. En realidad el libro de Gazzaniga así titulado es una argumentación sobre los influjos de la organización cerebral en la vida social y cultural, y se erige como una crítica a quienes creen que la influencia ambiental es importante en el desarrollo del cerebro. También rechaza las interpretaciones “externalistas” en las que ve una exagerada propensión a buscar responsabilidades sociales colectivas ante los problemas humanos, mientras que para los “internalistas” es el individuo la entidad responsable. Presenta las cosas como una especie de confrontación política entre socialistas externalistas y liberales internalistas. Gazzaniga recomienda a los políti-

cos que intenten adaptar el orden establecido a la naturaleza del cerebro y quiere acabar con las tendencias externalistas que, piensa él, nos persiguen. La conclusión es que las peculiaridades cerebrales supuestamente exigen una sociedad regulada lo menos posible.¹ El “cerebro social” es una metáfora para describir al sistema nervioso central como una confederación de cientos o miles de módulos que realizan actividades independientes en forma paralela. Uno de estos módulos, ubicado en el lóbulo izquierdo del cerebro, es el “intérprete” que, por decirlo así, construye la teoría de que los comportamientos de los módulos son producidos por un “yo”: de esta forma se genera la ilusión de que los humanos actúan libremente. Para esta concepción el cerebro es social sólo en la medida en que se ha proyectado en su arquitectura una peculiar imagen o metáfora de la sociedad.

Los grandes avances de la investigación durante la llamada “década del cerebro” han barrido casi totalmente con explicaciones como las de Popper y Gazzaniga: los científicos no encuentran huellas o señales del alma ni en un mundo espiritual ni en un supermódulo interpretador interno unificador de las funciones mentales.² Sin embargo, la ciencia neurológica, con una fuerte carga positivista, encerró el tema de la conciencia en la cárcel del cráneo y se empeñó en descifrar las operaciones de un ego solitario —esencial y universal— incapaz de traspasar las fronteras del discurso fáctico, a la manera del Wittgenstein del *Tractatus*, que prohíbe toda escapada hacia los espacios vacíos del silencio que supuestamente rodean los dominios del lenguaje. He querido citar a Wittgenstein para mostrar con su ejemplo el callejón sin salida de un empirismo que imponía terca-mente límites a la exploración. El propio Wittgenstein se percató

¹ Michael S. Gazzaniga, *The social brain. Discovering the networks of the mind*, capítulo 12.

² En su libro de 1998, *The mind's past*, Gazzaniga ya no habla de módulos, pero insiste en su teoría del yo ficticio y del “intérprete” radicado en el hemisferio izquierdo.

del problema y, en sus investigaciones posteriores, dio un giro espectacular al abrir las ventanas del ego trascendental al ventarrón fenomenológico de las experiencias culturales. Yo comparto la aguda disección crítica que ha hecho Ernest Gellner del viraje de Wittgenstein, pero no es el momento de adentrarnos en este espinoso asunto.¹ Sólo quiero destacar que posiblemente debido a que Wittgenstein se dio cuenta de sus errores en el *Tractatus*, tuvo una intuición que me parece pertinente citar aquí: “Una de las ideas filosóficas más peligrosas es, curiosamente, la de que pensamos con la cabeza o en la cabeza. La idea del pensar como un proceso en la cabeza, en un espacio absolutamente cerrado, le da el carácter de algo oculto”.² Wittgenstein se resiste a abandonar la idea de la insuperabilidad del abismo entre la conciencia y los procesos cerebrales,³ y de hecho explora la posibilidad de que pueda no haber un paralelismo psicofísico, que exista una causalidad sin mediaciones fisiológicas y que ello no signifique creer en una entidad nebulosa.⁴ La renuncia a buscar correspondencias neurofisiológicas del psiquismo es absurda y, no obstante, a partir de estas inquietudes se le ocurre suponer que el proceso mental específicamente orgánico se puede “sustituir” por un proceso inorgánico que le proporcione al pensamiento una prótesis. Wittgenstein se pregunta: “¿Cómo deberíamos imaginar una prótesis del pensamiento?”⁵ Aunque leí la propuesta de Wittgenstein

¹ Ernest Gellner, *Language and solitude. Wittgenstein, Malinowski and the Habsburg dilemma*.

² Ludwig Wittgenstein, *Zettel*, § 605-606.

³ Ludwig Wittgenstein, *Investigaciones filosóficas*, § 412.

⁴ Ludwig Wittgenstein, *Zettel*, § 611.

⁵ *Ibid.*, § 607. Antes se ha preguntado: “¿Es el pensar, por así decirlo, un proceso específicamente orgánico –un mascar y digerir en la mente?” Véase el estimulante ensayo de Roland Fischer, “Why the mind is not in the head but in society’s connectivist network”. Sostiene la idea de que la mente se encuentra en la interacción entre sociedad e individuo. La propuesta no es desarrollada, pero apunta hacia la definición de una conciencia individual como una unidad de reproducción en la evolución

cuando ya había terminado de escribir este libro, me parece que de alguna manera he contestado a su pregunta, aunque de una forma que sin duda no le hubiese gustado.

El hecho de que la conciencia no sea un fenómeno oculto encerrado en el cráneo y que podamos examinar sus floridas prótesis arborescentes en los espacios abiertos de la vida cultural no quiere decir que se esfume ese halo misterioso que impregna la sensación subjetiva que los humanos tenemos de ser un yo único insustituible e irrepetible. Estoy convencido de que la ciencia logrará resolver el misterio. No tienen razón quienes afirman que, si la conciencia es un misterio y no un acertijo (un puzzle), jamás podremos entenderla. La cualidad misteriosa –yo diría poética– de la conciencia no la ubica fuera del alcance de nuestra comprensión. De hecho fue un poeta el que en su lenguaje afirmó un hecho revelador. En plena búsqueda angustiada de su identidad poética Rimbaud dejó caer una frase inquietante: “*Je est un autre*”¹ Se refería a la profunda inmersión del poeta visionario en el mundo que le rodea. Paradójicamente, es una afirmación de la identidad poética que, al mismo tiempo, disuelve el yo en el otro.

Yo es otro. Extraña expresión que nos incita a reflexionar. De alguna misteriosa forma expresa la idea que he expuesto: la conciencia de nuestra identidad individual se extiende y abarca a los otros. El poeta nos recuerda que la conciencia nace del sufrimiento y de la asimilación de ese sufrir mediante el concurso de otros, gracias a que nos confundimos con ellos para afirmar nuestra precedera identidad. Así perdemos el alma pero ganamos la conciencia.

cultural, en el mismo sentido en que los genes son unidades de reproducción de organismos fenotípicos.

¹ Repite la expresión en dos cartas: la del 13 de mayo de 1871 a Georges Izambard, y la escrita dos días después, el 15 de mayo, dirigida a Paul Demeny. Arthur Rimbaud, *Ceuvres complètes*, pp. 249-250.

- ADDIS, Laird. *Of mind and music*, Cornell University Press, Ithaca, 1999.
- ÁLVAREZ BUYLLA, Arturo y Carlos LOIS. "Mecanismos de desarrollo y plasticidad del sistema nervioso central", en Ramón de la Fuente y Francisco Javier Álvarez Leefmans (editores), *Biología de la mente*, Fondo de Cultura Económica, México, 1998, pp. 105-146.
- ÁLVAREZ LEEFMANS, Francisco Javier. "La conciencia desde una perspectiva biológica", en *Aportaciones recientes de la biología a la psiquiatría* (R. de la Fuente, ed.), El Colegio Nacional, México, 2003.
- ÁLVAREZ LEEFMANS, Francisco Javier. "La emergencia de la conciencia", en R. de la Fuente y F. J. Álvarez Leefmans (editores), *Biología de la mente*, Fondo de Cultura Económica, México, 1998.
- ANZIEU, Didier. *Le Moi-peau*, Dunod, París, 1995.
- ARÉCHIGA, Hugo. *El universo interior*, Fondo de Cultura Económica, México, 2001.
- AUNGER, Robert. "Culture vultures", *The Sciences* 39, n. 5 (1999): 36-42.
- AUNGER, Robert. *The electric meme. A new theory of how we think*, The Free Press, Nueva York, 2002.
- AXEL, Richard y Linda BUCK. "A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition", *Cell* 65 (1991): 175-87.
- BACH-Y-RITA, Paul y Stephen W. KERCEL, "Sensory substitution and the human-machine interface", *Trends in Cognitive Sciences* 7 (2003): 541-546.

- BACH-Y-RITA, Paul. *Brain mechanisms in sensory substitution*, Academic Press, Nueva York, 1972.
- BALLARD, Dana, M. HAYHOE, P. K. POOK y R. P. RAO. "Deictic codes for the embodiment of cognition", *Behavioral and Brain Sciences* 20 (1997): 723-767.
- BARICCO, Alessandro. *El alma de Hegel y las vacas de Wisconsin. Una reflexión sobre música culta y modernidad*, Siruela, Madrid, 1999.
- BARON-COHEN, Simon. "The cognitive neuroscience of autism: evolutionary approaches", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 1249-1258.
- BARTRA, Roger. "El exocerebro: una hipótesis sobre la conciencia", *Ludus Vitalis* 23 (2005): 103-115.
- BARTRA, Roger. "La conciencia y el exocerebro", *Letras Libres* (España) 29 (2004): 34-39.
- BARTRA, Roger. *Cultura y melancolía. Las enfermedades del alma en la España del Siglo de Oro*, Anagrama, Barcelona, 2001.
- BAYNES, Kathleen y Michael S. GAZZANIGA, "Consciousness, introspection, and the split-brain: the two minds/one body problem", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 1355-1363.
- BENTIVOGLIO, Marina. "Cortical structure and mental skills: Oskar Vogt and the legacy on Lenin's brain", *Brain Research Bulletin* 47 (1998): 291-296.
- BERNSTEIN, Leonard. *The unanswered question*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1976.
- BEVER, T. G. "The nature of cerebral dominance in speech behavior of the child and adult", en R. Huxley y R. Ingham (eds.), *Language acquisition: models and methods*, Academic Press, Londres, 1971.
- BLACKMORE, Susan. *Conversations on consciousness*, Oxford University Press, Nueva York, 2006.
- BLACKMORE, Susan. *The meme machine*, Oxford University Press, Oxford, 1999.
- BRAILOWSKY, Simón. *Las sustancias de los sueños. Neuropsicofarmacología*, Fondo de Cultura Económica, México, 1995.
- BROWN, Donald E. *Human universals*, McGraw-Hill, Nueva York, 1991.
- BRUNER, Emiliano, Giorgio MANZI y Juan Luis ARSUAGA, "Encephalization and allometric trajectories in the genus *Homo*: evidence from Neanderthal and modern lineages", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100, n. 26 (2003): 15335-15340.
- BUDD, Malcolm. *Music and the emotions. The philosophical theories*, Routledge, Londres, 1985.
- CARMENA, José M. et al. "Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates", *Public Library of Science-Biology* 1, 2 (octubre 2003): 1-16.
- CASSIRER, Ernst. *Mito y lenguaje* [1924], Galatea-Nueva Visión, Buenos Aires, 1959.
- CHANGEUX, Jean-Pierre. *L'homme de vérité*, Odile Jacob, París, 2002.
- CHANGEUX, Jean-Pierre y Paul RICOEUR, *Ce qui nous fait penser. La nature et la règle*, Odile Jacob, París, 1998.
- CHOMSKY, Noam. *New Horizons in the study of language and mind*, Cambridge University Press, Nueva York, 2000.
- CLIFFORD, Erin. "Neural plasticity: Merzenich, Taub, and Greenough", *Harvard Brain* 6 (1999): 16-20.
- COOKE, Deryck. *The language of music*, Oxford University Press, Oxford, 1959.
- CRICK, Francis y Christof KOCH, "A framework for consciousness", *Nature* 6 (2003): 119-126.
- CRICK, Francis. *The astonishing hypothesis*, Scribner, Nueva York, 1993.
- CURTISS, Susan. *Genie: a psycholinguistic story of a modern "wild child"*, Academic Press, Nueva York, 1977.
- DAMASIO, Antonio. *The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness*, Harcourt Brace, Nueva York, 1999.

- DAMASIO, Antonio. *Descartes' error. Emotion, reason, and the human brain*, Putnam, Nueva York, 1994.
- DAWKINS, Richard. *The selfish gene*, nueva edición aumentada, Oxford University Press, Oxford, 1989.
- DELIUS, Juan. "The nature of culture", en M. S. Dawkins, T. R. Halliday y R. Dawkins (eds.), *The Timbergen legacy*, Chapman & Hall, Londres, 1991.
- DENNETT, Daniel C. *Sweet dreams. Philosophical obstacles to a science of consciousness*, MIT Press, Cambridge, Mass., 2005.
- DENNETT, Daniel C. *Consciousness explained*, Little, Brown & Co., Boston, 1991.
- DIAMOND, M. C. et al., "On the brain of a scientist: Albert Einstein", *Experimental Neurology* 88 (1985): 198-204.
- DIAZ, José Luis. "Subjetividad y método: la condición científica de la conciencia y de los informes en primera persona", en C. Torner Aguilar y J. Velázquez Moctezuma, eds., *Tópicos en la psiquiatría biológica*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2000.
- DOUPE, Allison J. et al. "The song system: neural circuits essential throughout life for vocal behavior and plasticity", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 451-468.
- DRAAISMA, Douwe. *Metaphors of memory. A history of ideas about the mind*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- ECCLES, John C. *How the self controls its brain*, Springer-Verlag, Berlín, 1994.
- EDELMAN, Gerald M. *Wider than the sky: the phenomenal gift of consciousness*, Yale University Press, New Haven, 2004.
- EDELMAN, Gerald y Giulio TONONI, *A universe of consciousness. How matter becomes imagination*, Basic Books, Nueva York, 2000.
- EDELMAN, Gerald M. *Bright air, brilliant fire. On the matter of the mind*, Basic Books, Nueva York, 1992.
- EISELEY, Loren. *Darwin's century. Evolution and the men who discovered it*, Doubleday Anchor Books, Nueva York, 1961.
- FADIGA, Luciano et al., "Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study". *Journal of Neurophysiology* 73 (1995): 2608-2611.
- FERNALD, Russell D. y Stephanie A. White, "Social control of brains: from behavior to genes", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 1193-1209.
- FIELDS, R. Douglas. "The other half of the brain", *Scientific American* 290 (2004): 26-33.
- FIELDS, R. Douglas. "Making memories stick", *Scientific American* 292, núm. 2 (2005): 59-65.
- FISCHER, Roland. "Why the mind is not in the head but in society's connectionist network", *Diogenes* 151 (1990): 1-27.
- FODOR, Jerry. *The modularity of mind*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1983.
- FOGASSI, Leonardo y Vittorio GALLESE, "The neural correlates of action understanding in non-human primates", en Maxim I. Stamenov y Vittorio Gallese (eds.), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, John Benjamins, Ámsterdam, 2002.
- FOX, Christopher. *Locke and the Scribblers. Identity and consciousness in early eighteenth-century Britain*, University of California Press, Berkeley, 1988.
- GAZZANIGA, Michael S. (ed.). *The new cognitive neurosciences*, segunda edición, MIT Press, Cambridge, Mass., 2000.
- GAZZANIGA, Michael S. *The mind's past*, University of California Press, Berkeley, 1998.
- GAZZANIGA, Michael S. *The social brain. Discovering the networks of the mind*, Basic Books, Nueva York, 1985.
- GEERTZ, Clifford. "Culture, mind, brain/Brain, mind, culture", en *Available light. Anthropological reflections on philosophical topics*, Princeton University Press, Princeton, 2000.
- GEERTZ, Clifford. *The interpretation of cultures*, Basic Books, Nueva York, 1973.

- GELLNER, Ernest. *Language and solitude. Wittgenstein, Malinowski and the Habsburg dilemma*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- GERSHON, Michael D. *The second brain*, Harper Collins, Nueva York, 1998.
- GLANVILLE, B. B., C. T. BEST y R. LEVENSON. "A cardiac measure of cerebral asymmetries in infant auditory perception", *Developmental Psychology* 13 (1977): 54-59.
- GRIFFITHS, Tim D. "Musical hallucinosis in acquired deafness. Phenomenology and brain substrate", *Brain* 123 (2000): 2065-2076.
- GOLDBERG, Elkhonen. *The executive brain. Frontal lobes and the civilized mind*, Oxford University Press, Oxford, 2001.
- GOULD, Stephen Jay. *The structure of evolutionary theory*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 2000.
- GOULD, Stephen Jay y S. VRBA. "Exaptation – a missing term in the science of form", *Paleobiology* 8 (1982): 4-15.
- GRAHAM BROWN, Thomas. "The intrinsic factors in the act of progression in the mammal", *Proceedings of the Royal Society, B Biological Sciences*, 84 (1911): 308-319.
- GRAY, Jeffrey. "It's time to move from philosophy to science", *Journal of Consciousness Studies* 9, n. 11 (2002): 49-52.
- HARNAD, Stevan. "No easy way out", *The Sciences* 41, 2 (2001): 36-42.
- HARNAD, Stevan. "Correlation vs. causality. How/why the mind-body problem is hard", *Journal of Consciousness Studies* 7, n. 4 (2000): 54-61.
- HAYEK, F. A. *The sensory order*, Routledge & Kegan Paul, Londres, 1952.
- HEBB, Donald D. *The organization of behavior: a neuropsychological theory*, John Wiley, Nueva York, 1949.
- HENSHILWOOD, Christopher S. et al. "Emergence of modern human behavior: Middle Stone Age engravings in South Africa", *Science* 295 (2002): 1278-1280.
- HUBEL, D. H. y T. N. WIESEL, "The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens", *Journal of Physiology* 206 (1970): 419-436.

- HUMPHREY, Nicholas. "How to solve the mind-body problem", *Journal of Consciousness Studies* 7, n. 4 (2000): 5-20.
- JAEGER, Werner. *Paideia: los ideales de la cultura griega*, Fondo de Cultura Económica, México, 1957.
- JACKSON, Franck. "Epiphenomenal qualia", *Philosophical Quarterly* 32 (1982): 127-136.
- JAYNES, Julian. *The origins of consciousness in the breakdown of the bicameral mind*. Houghton Mifflin, Boston, 1976.
- JONES, Peter E. "Contradictions and unanswered questions in the Genie case: a fresh look at the linguistic evidence", 1995, en www.feralchildren.com/en/1.
- KANNER, Leo. "Autistic disturbances of affective contact", *Nervous Child* 2 (1943): 217-250.
- KATZ, Lawrence C. et al. "Activity and the development of the visual cortex: new perspectives", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 199-212.
- KELLER, Helen. *The world I live in* [1908], New York Review of Books, Nueva York, 2003.
- KELLER, Helen. *The story of my life* [1903], edición restaurada que incluye como suplementos varias cartas, textos de Anne Sullivan, John Albert Macy y dos ensayos de Roger Shattuck, Norton, Nueva York, 2003.
- KENNEPOHL, Stephan. "Toward a cultural neuropsychology: an alternative view and preliminary model", *Brain and Cognition* 41 (1999): 366-380.
- KIMURA, Doreen. "Speech lateralization in young children as determined by an auditory test", *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 56 (1963): 899-902.
- KOCH, Christof. *The quest for consciousness. A neurobiological approach*, Roberts & Company, Englewood, Colorado, 2004.
- KOCH, Christof y Francis CRICK. "Some thoughts on consciousness and neuroscience", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*.

KUHL, Patricia K. "Language, mind, and brain: experience alters perception", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 99-115.

KUPER, Adam. "If memes are the answer, what is the question?", en Robert Auger (ed.), *Darwinizing culture. The status of memetics as a science*, Oxford University Press, Oxford, 2000.

KUPER, Adam. *The chosen primate. Human nature and cultural diversity*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1994.

LANGER, Susanne K. *Philosophy in a new key. A study in the symbolism of reason, rite, and art* [1942], Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1957.

LEIBER, Justin. "Nature's experiments, society's closures", *Journal of the Theory of Social Behavior* 27 (2002): 325-343.

LEWONTIN, Richard. *Biology as ideology*, Harper Collins, Nueva York, 1993.

LI, Charles N. y Jean-Marie HOMBERT, "On the evolutionary origin of language", en Maxim I. Stamenov y Vittorio Gallese (eds.), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, John Benjamins, Amsterdam, 2002.

LINÁS, Rodolfo R. *I of the vortex. From neurons to self*, MIT Press, Cambridge, Mass., 2002.

LOCKE, John. *Essay concerning human understanding* [2.ª edición de 1694], traducción al español de Edmundo O'Gorman, *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Fondo de Cultura Económica, México, 1999.

LORENZO, Guillermo. "El origen del lenguaje como sobresalto natural", *Ludus Vitalis* 17 (2002): 175-193.

LURIA, Alexandr Románovich. *Neuropsicología de la memoria*, H. Blume, Madrid, 1980.

LURIA, Alexandr Románovich. *The man with a shattered world: the history of a brain wound*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 2004.

LURIA, Alexandr Románovich. *La mente de un mnemónico. Un pequeño libro sobre una gran memoria*, Trillas, México, 1983.

LURIA, Alexandr Románovich. *Conciencia y lenguaje*, Visor, Madrid, 1984.

MACLEAN, Paul D. *A triune concept of brain and behaviour*, University of Toronto Press, Toronto, 1969.

MCEWEN, Bruce S. "Stress, sex, and the structural and functional plasticity of the hippocampus", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 171-197.

MCGINN, Colin. *The mysterious flame. Conscious minds in a material world*, Basic Books, Nueva York, 1999.

MCLUHAN, Marshall. *Understanding media: the extensions of man*, McGraw-Hill, Nueva York, 1964.

MARTIN, Kelsey C., Dusan BARTSCH, Craig H. BAILEY y Eric R. KANDEL, "Molecular mechanisms underlying learning-related long lasting synaptic plasticity", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 121-137.

MITHEN, Steve. *The singing Neanderthals. The origins of music, language, mind and body*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 2006.

MITHEN, Steve. *The prehistory of the mind. The cognitive origins of art, religion and science*, Thames and Hudson, Londres, 1996.

MOUNTCASTLE, Vernon B. "Brain science at the Century's ebb", *Dædalus* 127, n. 2 (1998): 1-36.

NEVILLE, Helen J. y Daphne Bavelier, "Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 83-98.

PATERNITI, Michael. *Driving Mr. Albert: A trip across America with Einstein's brain*, Dial Press, Nueva York, 2000.

PINKER, Steven. *The blank slate*, Penguin, Nueva York, 2002.

PONS, Tim, P. E. GARRAGHTY, A. K. OMMAYA, J. H. KAAS, E. TAUB y M. MISHKIN, "Massive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques", *Science* 252 (1991): 1857-1860.

POPPER, Karl R. y John C. ECCLES, *The self and its brain*, Springer-Verlag, Berlín, 1977.

- PRATT, Carroll C. *The meaning of music*, McGraw-Hill, Nueva York, 1931.
- RAINE, Adrian, Todd LENCZ, Susan BIHRLE, Lori LACASSE y Patrick COLLETTI, "Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder", en John T. Cacioppo et al. (eds.), *Foundations of social neuroscience*, MIT Press, Cambridge, Mass., 2002, pp. 1023-1036.
- RAMACHANDRAN, Vilanayur S. *A brief tour of human consciousness*, Pi Press, Nueva York, 2004.
- RAMACHANDRAN, Vilanayur S. y Edward M. HUBBARD, "Hearing colors, tasting shapes", *Scientific American* 288 (2003): 43-49.
- RAMACHANDRAN, Vilanayur S. y Sandra BLAKESLEE, *Phantoms in the brain. Human nature and the architecture of the mind*, Fourth Estate, Londres, 1998.
- RAMÓN Y CAJAL, Santiago. "La rétine des vertébrés", *La Cellule* 9 (1893): 119-257.
- RIMBAUD, Arthur. *Œuvres complètes*, Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, París, 1972.
- RIZZOLATTI, Giacomo y Michael A. ARBIB, "Language within our grasp", *Trends in Neurosciences* 21 (1998): 188-194.
- RIZZOLATTI, Giacomo, L. FADIGA, L. FOGASSI y V. GALLESE, "Premotor cortex and the recognition of the motor actions", *Cognitive Brain Research* 3 (1996): 131-141.
- ROMO, Ranulfo, Adrián HERNÁNDEZ y Emilio SALINAS, "Neurobiología de la toma de decisiones", en Ramón de la Fuente (ed.), *Aportaciones recientes de la biología a la psiquiatría*, El Colegio Nacional, México, 2003.
- ROSEN, Charles. *Arnold Schoenberg*, Viking Press, Nueva York, 1975.
- ROSENBLUETH, Arturo. *Mente y cerebro*, Siglo XXI Editores, México, 1971.
- RYMER, Russ. *Genie: an abused child's flight from silence*, Harper Collins, Nueva York, 1993.
- SACKS, Oliver. *Awakenings*, Vintage, Nueva York, 1999.
- SACKS, Oliver. "An anthropologist on Mars", en *An anthropologist on Mars: seven paradoxical tales*, Knopf, Nueva York, 1995.
- SAVAGE-RUMBAUGH, Sue y Roger LEWIN, *Kanzi. The ape at the brink of the human mind*, Wiley, Nueva York, 1994.
- SEARLE, John R. *Mind: a brief introduction*, Oxford, Oxford University Press, 2004.
- SHATZ, C. J. "The developing brain", *Scientific American* 267 (1992): 60-67.
- SHELDRAKE, Rupert. *The presence of the past. Morphic resonance and the habits of nature*, Vintage, Nueva York, 1989.
- SKINNER, Burrhus F. *About behaviorism*, Knopf, Nueva York, 1974.
- SPANG, Michael y otros, "Your own hall of memories", *Scientific American Mind* 16, n. 2 (2005): 60-65.
- SPERRY, Roger W. "Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness", *American Psychologist* 23 (1968): 723-733.
- SQUIRE, Larry R. y Barbara J. KNOWLTON, "The medial temporal lobe, the hippocampus, and the memory systems of the brain", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 765-779.
- STAMENOV, Maxim I. "Some features that make mirror neurons and human language faculty unique", en Maxim I. Stamenov y Vittorio Gallese (eds.), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, John Benjamins, Amsterdam, 2002.
- STORR, Anthony. *Music and the mind*, Collins, Londres, 1992.
- TATTERSALL, Ian. *The monkey in the mirror. Essays on the science of what makes us human*, Harcourt, San Diego, 2002.
- TOMASELLO, Michael. *The cultural origins of human cognition*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1999.
- TOOBY, John y Leda COSMIDES. "The psychological foundations of culture", en J. H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby, *The adapted mind*, Oxford University Press, Nueva York, 1992.

- TRANEL, Daniel, Antoine BECHARA y Antonio R. DAMASIO, "Decision making and the somatic marker hypothesis", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 1047-1061.
- TREFFERT, Darold A. *Extraordinary people: understanding savant syndrome*, iUniverse.com, Inc., 2000.
- TREFFERT, Darold A. y Gregory L. Wallace. "Island of genius", *Scientific American*, junio 2002.
- VARELA, Francisco J. "The reenchantment of the concrete", en J. Cray y S. Kwinter, *Incorporations*, Zone Books, Nueva York, 1992.
- VARELA, Francisco J., Evan T. Thompson y Eleanor ROSCH. *The embodied mind*, MIT, Cambridge, Mass., 1991.
- VELMANS, Max. "How could conscious experiences affect brains?", *Journal of Consciousness Studies* 9, n. 11 (2002): 3-29.
- VUILLEMIER, P. et al. "Neural fate on seen and unseen faces in visuospatial neglect: a combined event-related functional MRI and event-related potential study", *Proceedings of the National Academy of Science (USA)* 98 (2001): 3495-3500.
- VYGOTSKY, Lev. *Thought and language*, versión revisada por Alex Kozulin, MIT Press, Cambridge, Mass., 1986.
- WALLACE, Alfred Russell. "Darwinism applied to men", en *Darwinism*, Londres, 1889.
- WANDELL, Brian A. "Computational neuroimaging: color representations and processing", en Michael S. Gazzaniga (ed.), *The new cognitive neurosciences*, pp. 291-303.
- WIENER, Norbert. *Cybernetics*, 2.^a edición, MIT, Cambridge, Mass., 1961.
- WILSON, Robert A. *Boundaries of the mind. The individual in the fragile sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. *Investigaciones filosóficas*, traducción de Alfonso García Juárez y Ulises Moulines, Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. *Zettel*, traducción de Octavio Castro y Ulises Moulines, Universidad Nacional Autónoma de México, 1979.
- WONG, KATE. "The morning of the modern mind", *Scientific American* 292, n. 6 (2005): 64-73.
- YATES, Frances A. *The art of memory*, Routledge & Kegan Paul, Londres, 1966.
- ZAHAN, Dominique. "L'homme et la couleur", en Jean Poirier (ed.), *Histoire des mœurs*, vol I, Encyclopédie de la Pléiade, París, 1990, p. 139.
- ZATORRE, Robert J. y Pascal BELIN. "Spectral and temporal processing in human auditory cortex", *Cerebral Cortex* 11 (2001): 946-953.